

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ricardo João da Cunha Almeida

Implementação de um
Modelo de Decisão sobre o
Método de Transporte de Matéria-Prima



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ricardo João da Cunha Almeida

Implementação de um
Modelo de Decisão sobre o
Método de Transporte de Matéria-Prima

Tese de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Doutor Filipe Pereira Pinto da Cunha e Alvelos

DECLARAÇÃO

Nome: Ricardo João da Cunha Almeida

Endereço eletrónico: a55950@alunos.uminho.pt

Telefone: 912365256

Número do Bilhete de Identidade: 13779377

Título da dissertação:

Implementação de um Modelo de Decisão sobre o Método de Transporte de Matéria-Prima

Orientador: Doutor Filipe Pereira Pinto da Cunha e Alvelos

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE
QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, ____/____/____

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Expresso os meus maiores agradecimentos a todos os que contribuíram para a realização desta dissertação.

Ao Professor Filipe Alvelos, pela sua constante disponibilidade, preocupação e apoio, partilha de conhecimentos e orientação científica em todo o desenrolar do trabalho.

Ao Sr. Custódio Costa, orientador na empresa, pelo seu acompanhamento contínuo, confiança depositada e pelo conhecimento da indústria que me foi transmitindo.

Aos colegas de estágio e trabalho, por toda a simpatia que em muito facilitou a integração e adaptação a esta nova etapa.

Aos meus pais, irmão e restante família, por todo o apoio e paciência dispensados.

Aos amigos e colegas de curso, por toda a amizade, incentivo e motivação dados ao longo deste percurso.

RESUMO

Nesta dissertação aborda-se o caso real de um problema de transportes de longa distância entre vários fornecedores e uma empresa eletrónica do ramo automóvel. Em particular pretende-se minimizar custos tendo em conta os modos de transporte viáveis – aéreo e marítimo.

Este problema foi tratado de duas formas: o cálculo direto dos custos envolvidos por fornecedor para as alternativas existentes e o desenvolvimento e implementação de um modelo de otimização.

Relativamente à primeira, analisou-se todo o processo de importação do mercado asiático e as respetivas variáveis envolvidas. Tendo em conta a grande probabilidade de existir uma má seleção de serviço de transporte para diversos fornecedores e a complexidade que uma análise do género implica, construiu-se uma ferramenta informática de cálculo que avalia o balanço entre custos de transporte e custos de posse de inventários e que permite uma obtenção de resultados de forma expedita e de simples utilização. Como principais benefícios, este recurso possibilita um acompanhamento mais próximo das variações dos custos de transporte e uma maior capacidade para detetar casos em que seja necessária a alteração do modo, permitindo acelerar esse processo.

A segunda forma de abordar o problema baseia-se num modelo de programação inteira mista que tem como pedra basilar o problema clássico de transportes, ao qual acrescenta a dimensão de tempo, o escalonamento dos diferentes envios e contabiliza tanto custos de transporte como custos de posse de inventários em trânsito. O objetivo passa pela minimização dos custos totais, selecionando o modo de transporte mais adequado para cada fornecedor.

A principal diferença entre os dois métodos propostos tem que ver com a sua abrangência. Enquanto que a aplicação informática calcula os custos de transporte para cada fornecedor, o modelo de otimização considera o universo de fornecedores como um todo e faz o seu escalonamento de acordo com a procura.

Ambos os métodos foram implementados, estando o primeiro em utilização pelas pessoas envolvidas na gestão de transportes da empresa onde o trabalho foi realizado.

PALAVRAS-CHAVE

Seleção de Modo de Transporte, Transporte Aéreo, Transporte Marítimo, Custos de Posse de Inventários, Programação Inteira.

ABSTRACT

This dissertation addresses the real case of a long distance transportation problem between several suppliers and an electronics company of the automotive business. It intends to minimize costs taking into account the reliable modes of transport – aerial and maritime.

This problem was tackled by two fronts: the direct calculation of costs related to the suppliers for the existing alternatives and the development and implementation of an optimization model.

Regarding the first front, the importation process from the Asian market in the company and their variables were analyzed. Due to the great possibility of a bad choice on the transportation service for several suppliers and the complexity involved in an analysis for such purpose, it was built a calculation tool that evaluates the trade-off between transportation costs and inventory carrying costs. This tool allows attaining results in a simple and fast manner. As main benefits, this resource allows to closer follow the variation of the transportation costs and quickly detect cases where transport service change is necessary, fastening this process.

The second way to approach this problem is based on a mixed integer-programming model, which is based on the classical transportation problem added with time dimensioning, different transportation modes available, scheduling of the envoys and count both transportation and in-transit inventory costs. The goal is to minimize total costs by selecting the proper mode of transport for each one of a group of suppliers.

The main difference between both methods is their comprehensiveness. While the first tool calculates transportation costs for each supplier, the optimization model considers all suppliers and schedules the transportation according to their demand.

Both methods were implemented, being the first already in use by the staff of the transport management department of the company where the project was developed.

KEYWORDS

Selection of Mode of Transport, Aerial Transportation, Maritime Transportation, Inventory Carrying Costs, Integer Programming

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xv
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento e Motivação	1
1.2 Objetivos da Dissertação	2
1.3 Metodologia de Investigação	3
1.4 Estrutura da Dissertação	4
2. Revisão da Literatura	7
2.1 Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento.....	7
2.2 A Função dos Transportes na Logística	8
2.3 Modos de Transporte	10
2.3.1 Transporte Aéreo	12
2.3.2 Transporte Marítimo	13
2.3.3 Comparação entre Via Aérea e Via Marítima.....	14
2.3.4 Multimodalidade e Intermodalidade	15
2.4 <i>Trade-Offs</i> nos Transportes.....	16
2.5 <i>Incoterms</i>	19
2.6 Seleção do Modo de Transporte	21
2.7 Programação Inteira.....	23
3. A Empresa: Bosch Car Multimedia, S.A.	27
3.1 O Grupo Bosch.....	27
3.2 A Divisão <i>Car Multimedia</i>	28
3.3 A Bosch em Portugal.....	29
3.4 Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.	30
3.4.1 Produtos	30

3.4.2	Clientes	30
3.4.3	O Departamento de Logística	31
4.	Caracterização da Situação Atual e Descrição do Problema	33
4.1	Análise da Situação Atual	33
4.1.1	Importação de Matéria-Prima do Mercado Asiático	34
4.1.2	Via Aérea e Via Marítima	35
4.2	Apresentação do Problema	39
4.2.1	Seleção do Modo de Transporte (Via Aérea ou Via Marítima)	39
4.2.2	Estimativa de Custos de Transportes Especiais	42
5.	Ferramenta Informática de Decisão	45
5.1	Objetivos do Projeto	45
5.2	Descrição da Ferramenta Informática	45
5.2.1	Seleção do Modo de Transporte (Via Aérea ou Via Marítima)	48
5.2.2	Estimativa de Custos de Transportes Especiais	56
5.3	Análise e Discussão dos Resultados Obtidos	57
5.3.1	Seleção do Modo de Transporte (Via Aérea ou Via Marítima)	57
5.3.2	Estimativa de Custos de Transportes Especiais	63
6.	Modelo de Otimização para Seleção de Modo e Escalonamento de Transportes	65
6.1	Descrição do Problema	65
6.2	Modelo de Programação Inteira Mista	66
6.3	Exemplo de Aplicação	72
7.	Conclusões	77
	Referências Bibliográficas	79
	Anexo I – <i>Incoterms</i>	82
	Anexo II – PSF (<i>Packaging Specification Form</i>)	83
	Anexo III – Interface da Ferramenta Informática (Seleção do Modo de Transporte)	84
	Anexo IV – Interface da Ferramenta Informática (Custos de Fretes Especiais)	86
	Anexo V – Custos Mensais 2012 (A_Supplier)	87
	Anexo VI – Programação OPL Studio	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas da Investigação-Ação	3
Figura 2 - Estrutura do Sistema de Transportes – adaptado: (Kasilingam, 1998).....	9
Figura 3 - Etapas de Seleção do Modo de Transporte – adaptado: Rushton et al. (2006).....	21
Figura 4 - Representação Geral do Problema de Transportes	24
Figura 5 - Unidades de Negócio da Bosch – adaptado: (Bosch Car Multimedia, 2012).....	28
Figura 6 - Localizações da Divisão <i>Car Multimedia</i> – reproduzido: (Bosch, 2012b).....	29
Figura 7 - Clientes da Bosch Car Multimedia, S.A. – reproduzido: (Bosch, 2013)	31
Figura 8 - Estrutura do Departamento de Logística da Bosch – adaptado: (Bosch, 2013)	31
Figura 9 - Centro de Consolidação Internacional – adaptado: (Bosch, 2012a)	36
Figura 10 - Rota AE6: Transporte Marítimo Ásia-Braga – adaptado: (Bosch, 2012a).....	37
Figura 11 - Fontes de Informação da Ferramenta Informática.....	46
Figura 12 - Interface Inicial do Programa Desenvolvido	48
Figura 13 - Aspeto Geral do Programa de Seleção de Modos de Transporte	50
Figura 14 - Aspeto Geral do Programa de Cálculo de Custos de Fretes Especiais	56
Figura 15 - Desenvolvimento Cronológico da Situação Real	58
Figura 16 - Desenvolvimento Cronológico da Situação Potencial	58
Figura 17 - Custos Mensais Reais 2012 (A_Supplier)	59
Figura 18 - Custos Mensais Potenciais (A_Supplier)	61
Figura 19 - Comparação de Custos de Posse entre Situação Real e Situação Potencial	62
Figura 20 - Solução ótima para os envios por via marítima	74
Figura 21 - Solução ótima para os envios por via aérea	75
Figura 22- Graus de responsabilidade dos diferentes <i>Incoterms</i> – reproduzido: Robert Bosch GmbH .	82
Figura 23 - Exemplo de uma PSF	83
Figura 24 - Legenda (Seleção do Modo de Transporte)	84
Figura 25 - Folha de Cálculo de Custos de Transporte	85
Figura 26 - Legenda (Custos de Fretes Especiais).....	86

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre Transporte Aéreo e Transporte Marítimo	14
Tabela 2 - <i>Incoterms</i> Ordenados por Graus de Responsabilidade	20
Tabela 3 - Tipos de Produtos por Modo de Transporte	39
Tabela 4 - Características da peça exemplo.....	51
Tabela 5 - Comparação de custos de transporte para a peça exemplo	55
Tabela 6 - Comparação de custos de transporte para o fornecedor B_Supplier	55
Tabela 7 - Estimativa de Custos de Transporte Marítimo para a Situação Potencial	60
Tabela 8 - Novos fornecedores mal avaliados	63
Tabela 9 – Características das Peças.....	72
Tabela 10 - Distribuição da Procura por Períodos	72
Tabela 11 - Características e Custos dos Modos de Transporte Aéreo	73
Tabela 12 - Características e Custos do Modo de Transporte Marítimo	73
Tabela 13 - Dias Fixos de Operação dos Modos de Transporte Aéreo	73
Tabela 14 - Dias Fixos de Operação do Modo de Transporte Marítimo	73
Tabela 15 - Solução Ótima Obtida.....	76
Tabela 16 - Custos Mensais 2012 (A_Supplier)	87

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CCI – Câmara de Comércio Internacional

EXW – *Ex Works*

FCA – *Free Carrier*

FAS – *Free Alonside Ship*

FOB – *Free on Board*

CFR – *Cost and Freight*

CIF – *Cost, Insurance and Freight*

CPT – *Carriage Paid To*

CIP – *Carriage and Insurance Paid To*

DAP – *Delivery at Place*

DAT – *Delivery at Terminal*

DDP – *Delivery Duty Paid*

LOG – Departamento de Logística

MOQ – *Minimal Order Quantity*

PCB – *Printed Circuit Board*

VBA – *Visual Basic for Applications*

PSF – *Packaging Specification Form*

1. INTRODUÇÃO

Com este capítulo introdutório pretende-se descrever o enquadramento e a motivação do tema que serviu de base a este projeto de dissertação, assim como a descrição dos seus objetivos. Aborda-se ainda a metodologia de investigação utilizada durante o seu desenvolvimento e, por fim, a estrutura geral da dissertação.

1.1 Enquadramento e Motivação

A evolução e o desenvolvimento do comércio mundial conferiu uma dimensão internacional às relações comerciais entre as empresas, quando antes o seu limite acabava nas fronteiras geográficas entre países. Esta remoção de barreiras originou um mercado muito mais competitivo, no qual as exigências dos consumidores são cada vez mais rigorosas e específicas e a margem de erro é nula.

O superlativo aumento da competitividade fez com que as empresas concluíssem que somente a preocupação com melhorias internas já não era suficiente, sendo fundamental começar a “pensar fora do quadrado”. Esta necessidade de exteriorizar o seu raio de ação origina o envolvimento de todos os elementos responsáveis por criar valor a um produto, desde a produção e os fornecedores, passando pelas companhias de transporte e os vendedores. No fundo, deverá ocorrer a integração de toda a cadeia de abastecimento.

Hoje em dia, qualquer empresa com intenções de prosperar no mercado terá de estar preparada para interagir com os mais diversos intervenientes localizados em qualquer região do globo. A expansão económica fez emergir novos mercados mais competitivos e situados em localizações totalmente díspares. Com particular destaque encontra-se o mercado asiático, que tem tido um enorme crescimento devido aos seus baixos custos e ao contínuo desenvolvimento do seu sistema portuário (Miyashita, 2009).

Devido às cada vez maiores distâncias percorridas pelas mercadorias ao longo de toda a rede logística, os transportes assumem extrema importância no sucesso do funcionamento de toda a cadeia. A gestão de uma eficiente rede de transportes que permita o abastecimento do material necessário no prazo estipulado é um processo de grande complexidade, mas fundamental para a sobrevivência de uma organização.

Por se tratar de uma multinacional de grande dimensão e com unidades industriais em todo o mundo, a Bosch estabelece relações de negócio com uma enorme quantidade de fornecedores, clientes e

demais parceiros. Uma parcela significativa dos fornecedores da unidade da Bosch *Car Multimedia* Portugal, S.A., em Braga, é oriunda do extremo oriente, o que denota que a gestão de transportes nesta empresa tem uma importância inquestionável. Visto que estes são originários de localizações longínquas, os processos de movimentação dos materiais são notoriamente complexos, emergindo desde logo uma das decisões fundamentais no que se refere à gestão internacional de transportes: de que forma os bens deverão ser transportados desde a origem até ao destino. Por outras palavras, qual o modo de transporte mais adequado para movimentar os materiais.

Apesar da existência de diferentes alternativas de transporte disponíveis, cada uma das quais com vantagens e desvantagens inerentes, o transporte por longas distâncias restringe comumente a decisão a duas modalidades para levar a cabo o processo de movimentação de bens: a via aérea e a via marítima. Apesar de esta restrição parecer facilitar o processo de decisão, a sua complexidade não se reduz. Por serem duas alternativas com especificidades totalmente diferentes, os benefícios de uma serão as desvantagens da outra. Sincronizar corretamente a gestão de transportes e a gestão de inventários é uma tarefa decisiva para otimizar a eficiência do sistema de transportes e da gestão logística global.

No caso específico da empresa onde se realizou este projeto, a inexistência de um método sistemático de avaliação de custos dos transportes para os fornecedores asiáticos de matérias-primas originava um seguimento pouco rigoroso dos custos e escolhas de modos de transporte que se revelavam mais dispendiosos e com grande peso nos custos logísticos globais. Este projeto propõe a criação de uma ferramenta informática de cálculo que tem em consideração quer custos com transportes quer custos com manutenção de inventários, de forma a servir como um suporte eficaz e permanente à tomada de decisão sobre qual o tipo de transporte mais adequado para cada um de um conjunto de fornecedores. Para além desta solução, é ainda proposta uma outra abordagem recorrendo às potencialidades de resolução de problemas oferecidas pela Investigação Operacional. Para isto, foi desenvolvido um modelo matemático de Programação Inteira e implementado em OPL *Studio* (IBM, 2013).

1.2 Objetivos da Dissertação

O principal propósito deste projeto prendeu-se com a criação de um modelo de decisão capaz de permitir determinar qual o meio de transporte mais adequado para um conjunto de fornecedores de matéria-prima de uma determinada região do globo.

Consequentemente os principais objetivos desta dissertação passam por:

- Analisar a problemática dos transportes de mercadoria por longas distâncias;

- Interpretar a complexidade da seleção de modos de transporte na gestão geral de transportes;
- Identificar todas as variáveis e fatores envolvidos no processo de decisão;
- Identificar na literatura métodos propostos para seleção de serviço de transporte;
- Apresentar uma ferramenta informática de análise de custos comparativos entre transporte aéreo e transporte marítimo;
- Propor a resolução do mesmo problema, através da construção de um modelo de otimização.

1.3 Metodologia de Investigação

Visto que a finalidade do projeto desenvolvido se focou na resolução de problemas específicos existentes num ambiente prático industrial, a metodologia adotada foi a Investigação-Ação (*Action Research*). Esta engloba a identificação de um problema por um grupo de pessoas, a execução de ações para a sua resolução, a análise de resultados e, em caso de estes não serem satisfatórios, o planeamento de novas ações. Segundo O'Brien (1998), como expressão geral a Investigação-Ação pode ser descrita como “aprender fazendo”. Através da resolução de problemas numa organização, constrói-se a teoria resultante dessa experiência.

As referidas etapas podem ser ilustradas através de uma espiral proposta por Swann (2002) com os seguintes elementos: planeamento, ação, observação e reflexão.

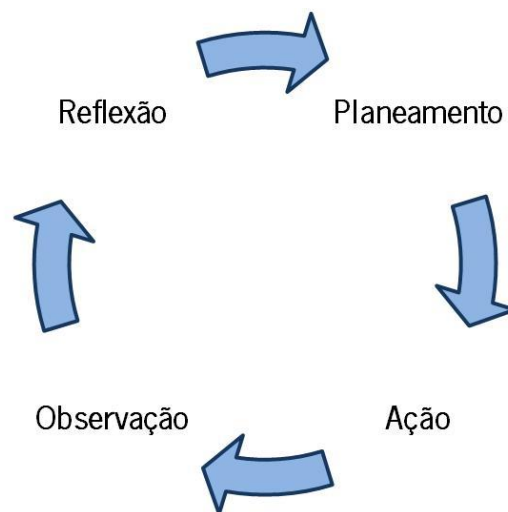


Figura 1 - Etapas da Investigação-Ação

- **Planeamento:** análise do problema e desenvolvimento de um plano de ações para corrigir e/ou melhorar a situação atual.
- **Ação:** implementação do plano e controlo contínuo.

- **Observação:** recolha de dados e provas, de forma a avaliar globalmente o projeto.
- **Reflexão:** conclusões sobre resultados, soluções e novos problemas. Resulta, em caso de necessidade, na iniciação de um novo ciclo para resolver os problemas identificados durante o projeto.

Por outras palavras, o que melhor caracteriza esta metodologia é o facto de ser essencialmente prática e aplicada, com a finalidade de resolver problemas reais. Simultaneamente ao processo de investigação, ocorre uma ação com o intuito de alterar a situação real e extrair conhecimentos das transformações realizadas (Coutinho et al., 2009).

No fundo, trata-se de um modo específico de compreensão e gestão da relação entre teoria e prática, entre o investigador e a investigação. De acordo com Ottosson (2003), entre as suas principais vantagens contam-se:

- O estabelecimento de uma relação colaborativa com a gestão de topo, funcionários e clientes.
- A possibilidade de corrigir ou melhorar continuamente o plano de trabalhos ao longo da realização do projeto, através da observação dos efeitos da própria ação.
- A oportunidade por parte do investigador de adquirir um forte conhecimento prático acerca do fenómeno de estudo.
- A capacidade de descobrir novas necessidades e novos problemas.

O processo de desenvolvimento desta dissertação ajusta-se totalmente na metodologia de Investigação-Ação. Iniciou-se pela recolha de informação bibliográfica e de dados reais e posterior análise, de forma a definir o problema e planear o método mais adequado para a sua resolução. O processo prático de construção dos métodos de seleção de modos de transporte envolveu uma avaliação contínua de forma a determinar a cada momento se o caminho seguido era o que permitia os melhores resultados. Em várias situações ocorreu a redefinição do plano e o início de um novo ciclo de Investigação-Ação, na procura de soluções mais eficazes para a resolução do problema.

1.4 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é composta por sete capítulos principais.

O capítulo 2 é destinado à revisão da literatura, focando-se fundamentalmente na gestão de transportes e na problemática da seleção de modos de transporte. Procura-se também apresentar abordagens e métodos propostos por diversos autores para a sua resolução.

No capítulo 3 apresenta-se a empresa na qual este projeto foi desenvolvido, mais concretamente a sua história, o universo onde se enquadra e a sua organização funcional.

O capítulo 4 refere-se à contextualização da situação vigente na empresa relativamente ao sistema de transportes de importação do extremo oriente e a descrição dos problemas identificados nesse processo.

De seguida, no capítulo 5, é apresentada a aplicação informática de cálculo construída para suportar a seleção de modos de transporte e a respetiva explicação e funcionamento. Para além disto, analisam-se os resultados obtidos a partir desta solução.

No capítulo 6 é proposta uma alternativa ao método de resolução explicitado no capítulo anterior, através da formulação de um modelo matemático de otimização em Programação Inteira.

Por fim, no capítulo 7 descrevem-se as conclusões derivadas das soluções propostas ao longo da dissertação.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é feita uma revisão bibliográfica acerca dos temas abordados nesta dissertação. Começa-se por abordar os conceitos gerais da gestão logística e da sua evolução, convergindo depois para a importância do sistema de transportes na gestão de toda a cadeia de abastecimento. Abordam-se de seguida os diferentes fatores e características a avaliar no processo de seleção de modo de transporte. Apresentam-se ainda métodos propostos por diversos autores para auxiliar o processo de decisão e, por fim, estabelece-se a relação entre a modelação matemática e este tipo de problemas.

2.1 Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento

A logística é definida de uma forma geral como a gestão do fluxo de recursos entre um ponto de origem e um ponto de consumo, com o objetivo de disponibilizar esses recursos na quantidade adequada, no tempo e locais certos, com o preço certo e satisfazendo os requisitos de qualidade exigidos pelo consumidor (Mangan, Lalwani, & Butcher, 2008).

Este conceito é revelador da importância que a gestão logística tem nos custos totais de um produto. Tendo como foco uma contínua redução de custos, é fundamental a diminuição de desperdícios nos processos logísticos. De forma a atingir este objetivo, e devido à globalização da economia moderna e consequentes movimentos de internacionalização das empresas, bem como a constante mutação dos mercados, verificou-se a necessidade de evoluir e integrar os diferentes processos logísticos. Desenvolveu-se assim uma abordagem muito mais abrangente, designada comumente por “Gestão da Cadeia de Abastecimento” (Rushton, Croucher, & Baker, 2006). A gestão da cadeia de abastecimento representa um elemento fulcral para o sucesso do funcionamento de uma organização com alguma dimensão e complexidade. Esta é responsável por planear, implementar e monitorizar o fluxo de bens, serviços e informação desde o ponto de origem até ao ponto de consumo de modo a satisfazer as necessidades dos clientes (CSCMP, 2010).

O conceito de gestão da cadeia de abastecimento inclui os fornecedores e os consumidores finais como partes integrantes do processo logístico, sendo assim um conceito mais recente e abrangente do que o conceito tradicional de logística. Torna-se assim imperativo que as organizações otimizem continuamente os seus processos. Desta forma, para uma empresa se manter competitiva deverá apostar numa forte interação com os seus parceiros da cadeia de abastecimento para melhorar o desempenho geral. Cada um dos elementos da cadeia pode beneficiar de uma estreita colaboração

com os outros elementos e através da integração dos vários processos de decisão. A gestão empresarial entrou numa era de competição entre cadeias de abastecimento, ao invés de uma competição entre empresas ou entre marcas (Lambert & Cooper, 2000).

2.2 A Função dos Transportes na Logística

A propalada globalização económica e industrial, o rápido desenvolvimento das tecnologias de comunicação e informação e a descentralização dos centros de produção fizeram com que as movimentações de produtos tenham ganho destaque em detrimento da sua acumulação em armazéns (Zografos & Giannouli, 2002). Este contexto resulta numa maior complexidade dos fluxos de mercadorias, encomendas mais pequenas e frequentes, prazos de entrega mais curtos assim como a redução do ciclo de vida dos produtos e maior incerteza nas previsões de vendas, o que veio agravar a importância dos custos de posse de inventário. Para incrementar o peso de todos estes fatores, aumentou significativamente a distância percorrida pelas matérias-primas e produtos para responder às necessidades de um mercado cada vez mais amplo (Carvalho, 2010).

Todos estes fatores fazem com que as empresas estejam muito dependentes dos sistemas de transporte, principalmente as que mantêm operações geograficamente afastadas. De facto, os transportes assumem-se como o elemento mais representativo nos custos logísticos totais, ascendendo a uma fatia entre um terço e dois terços do bolo total (Tseng, Yue, & Taylor, 2005).

O sucesso de qualquer cadeia de abastecimento está intimamente ligada a uma eficiente gestão de transportes, não podendo esta ser tratada isoladamente, uma vez que decisões estratégicas como a definição de rotas, o modo de transporte a utilizar, a opção pela subcontratação ou exploração própria e a interação entre inventários e transportes, têm um grande impacto na estrutura de custos e na capacidade de as empresas reagirem à procura (Carvalho, 2010).

O transporte representa a ligação entre produção, armazenamento e consumo – inclui tanto o movimento de entrada de materiais desde as fontes de produção até às fábricas, como o movimento de saída de produtos desde as fábricas até ao consumidor final (Kasilingam, 1998). Esta movimentação origina valor acrescentado, através da criação da utilidade de lugar e de tempo, transportando os produtos para o local certo, no momento desejado e nas condições requeridas. Em suma, o sistema de transportes pode ser retratado como a corrente que mantém ligada toda a cadeia de abastecimento (Coyle & Novack, 2011).

Entre os principais objetivos de uma eficiente gestão de transportes contam-se (Kasilingam, 1998):

- Redução de custos

- Redução de tempos de trânsito e da sua variabilidade
- Entregas dentro do prazo
- Disponibilidade de um serviço de transporte contínuo através da combinação de diversos modos
- Redução da ocorrência de danos e perdas
- Disponibilidade de outras opções como armazenamento, recolha e entrega.

No processo de distribuição é importante distinguir as diversas entidades envolvidas no tráfego de um bem desde a origem até ao seu destino. O remetente (*shipper*) é o elemento que disponibiliza a mercadoria para ser transportada de um ponto para o outro da cadeia de abastecimento, podendo utilizar o seu próprio equipamento para esse transporte ou através de uma transportadora ou transitário. Este último geralmente recebe cargas de vários fornecedores, consolida-as e gere todo o processo de transporte usando também o seu próprio equipamento ou recorrendo a uma transportadora comum.

A Figura 2 apresenta uma representação esquemática dos diversos elementos envolvidos no transporte de mercadorias:

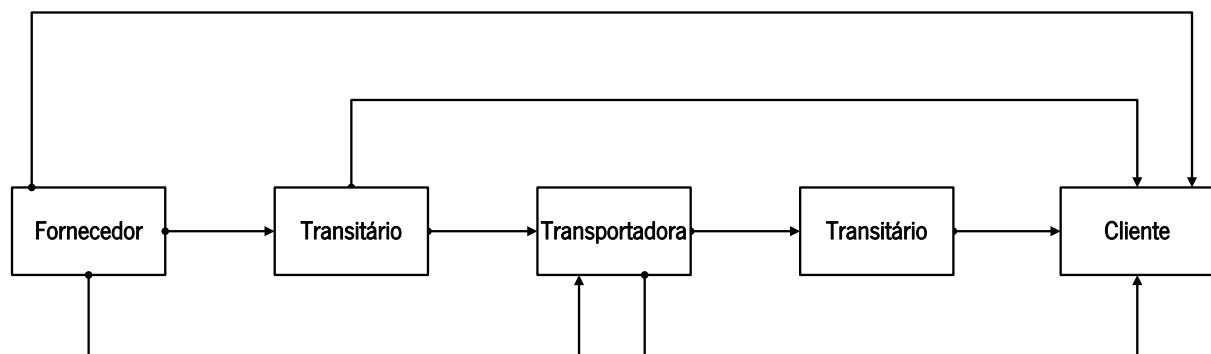


Figura 2 - Estrutura do Sistema de Transportes – adaptado: (Kasilingam, 1998)

O transitário investe em equipamentos e infraestruturas para o transporte, para posteriormente tomar decisões operacionais de modo a maximizar o retorno desses investimentos. Por outro lado, o expedidor recorre ao transporte para minimizar os custos totais (englobando custos com transporte, inventários, subcontratação, etc.) e promover um eficaz nível de resposta ao cliente (Chopra & Meindl, 2007).

Esta eficácia é muito influenciada pela modalidade de transporte escolhida para levar a cabo o processo de movimentação dos bens.

2.3 Modos de Transporte

Os modos de transporte são os meios através dos quais as pessoas e mercadorias alcançam a mobilidade (Rodrigue, Comtois, & Slack, 2006).

As alternativas dividem-se em três grandes grupos: transporte terrestre (ferroviário, em conduta e rodoviário), transporte marítimo e transporte aéreo, podendo ser utilizados de forma isolada ou combinada, sendo este último caso designado de transporte multimodal. Cada uma delas apresenta um conjunto de características operacionais, técnicas e comerciais que as torna mais adequadas para determinados tipos de serviços e produtos.

Entre os principais indicadores de desempenho que diferenciam cada modalidade de transporte contam-se (Carvalho, 2010):

- Preço

O preço de um transporte de mercadoria é habitualmente expresso em custo por tonelada/quilómetro, ou seja, varia proporcionalmente com o peso da carga a transportar e a distância a percorrer. Por outro lado, este custo por unidade de peso diminui com o aumento do volume e/ou da densidade da mercadoria transportada – economias de escala. No caso particular da via marítima, o preço do transporte é representado por custo por contentor, daí ser fundamental a otimização da sua ocupação. Adicionalmente ao custo do frete propriamente dito, existem ainda outros custos incorridos com o manuseamento dos materiais, operações de carga e descarga, seguros, perdas e danos e inventários em trânsito.

- Tempo de trânsito e variabilidade

O tempo de trânsito pode ser descrito como o tempo médio que demora a movimentar uma mercadoria do seu ponto de origem até ao destino final. Para além do tempo do frete, a necessidade de se efetuarem transbordos e as restrições temporais das entregas são fatores que fazem aumentar o tempo de trânsito. A sua variabilidade pode resultar em atrasos ou perda de ligações em casos de situações de transbordo entre diferentes modos (Goel, 2010).

- Flexibilidade

Uma maior flexibilidade de um meio de transporte evita a necessidade de manuseamentos adicionais em operações de transbordo, pois possibilita ligar diretamente dois pontos numa rede de distribuição. Quando isto não acontece, torna-se forçoso recorrer a um segundo modo para completar o percurso.

- Capacidade

Esta característica diz respeito à quantidade, tamanho e tipo de mercadoria que uma modalidade poderá transportar. Tipicamente, um transporte com maior capacidade de carga terá limitações relativamente à velocidade que pode atingir, mas possibilita a obtenção de maiores economias de escala.

- Frequência

A frequência com que um meio de transporte movimenta mercadoria entre dois pontos tem um grande impacto na gestão dos inventários de uma empresa. Modos mais rápidos terão maior capacidade de realizar entregas mais frequentes.

- Perdas e danos nas mercadorias

Estes constituem alguns dos principais riscos no processo de tráfego de uma determinada mercadoria. Em transportes que obriguem a um maior número de operações de transbordo e manuseamento, estas consequências têm maior probabilidade de ocorrer.

Quanto às características específicas de cada modo, o meio ferroviário não apresenta elevados custos de transporte e possibilita a movimentação de grandes quantidades de mercadoria pesada, através de longas distâncias. Porém, apresenta pouca flexibilidade no trajeto devido às limitações da rede de transporte, levando a longos tempos de trânsito.

O método de transporte por conduta é o mais barato, por tonelada de carga, no que respeita à movimentação de cargas de grande volume por longas distâncias. No entanto está longe de ser versátil pois apenas permite o tráfego de líquidos, gases ou sólidos a granel em rotas fixas, sendo economicamente viável apenas em condições muito específicas (Rodrigue, et al., 2006).

Quanto ao transporte rodoviário, este reveste-se de uma grande mobilidade e flexibilidade nos seus itinerários uma vez que devido ao desenvolvimento de uma rede de estradas muito ramificada, consegue entregar os bens e produtos em praticamente todas as localizações dentro de um continente. A sua capacidade de se combinar eficazmente com outros modos tais como o transporte aéreo ou o marítimo, oferecem ainda maior versatilidade a este modo de transporte. Os tempos de trânsito são satisfatórios e as taxas de transporte são bastante económicas para pequenas quantidades e curtas/médias distâncias. Os congestionamentos de trânsito são um dos grandes inconvenientes deste meio de transporte, para além de um elevado consumo de energia (Chopra & Meindl, 2007).

Para efeitos desta dissertação e devido ao facto de se versar sobre o transporte de mercadorias intercontinentais por longas distâncias, interessa sobretudo descrever as modalidades aérea e marítima e a combinação de cada uma destas com o transporte rodoviário.

2.3.1 Transporte Aéreo

Apesar de cada vez mais se recorrer às vias aéreas para o processo de transporte regular, este ainda é visto como um serviço para urgências devido aos seus custos elevados. Em situações de necessidade de percorrer grandes distâncias, apresenta reduzidos tempos de trânsito aeroporto-a-aeroporto, sendo o mais rápido de todos os modos de transporte. Esta especificidade permite minimizar a necessidade de incorrer em elevados níveis de inventário, quer para o exportador quer para o importador, diminuindo os custos de posse. Confere ainda uma grande flexibilidade para responder rapidamente à variabilidade e condicionantes do mercado.

Porém, este tempo de percurso pode ser prejudicado devido ao congestionamento de aeroportos, aos processos de manuseamento e de cargas e descargas e às obrigações alfandegárias. Para além da elevada velocidade de transporte, este modo proporciona um serviço frequente e fiável, porém atrasos nos terminais e nas entregas, o congestionamento de aeroportos e os fatores climatéricos podem condicionar esta vantagem (Rushton, Croucher, & Baker, 2006).

Apesar das suas limitações, o volume de fretes aéreos tem aumentado com o passar dos anos e esta tendência irá manter-se, mesmo acarretando custos superiores. À medida que o mercado se torna mais competitivo e a margem de erro é cada vez menor, o transporte aéreo adquire uma crescente importância no planeamento do transporte de mercadorias de muitas empresas (Lambert, Stock, & Ellram, 1998). O meio aéreo não é frequentemente recomendado para o transporte de produtos de baixo valor, porque o alto custo de frete poderá representar uma assinalável percentagem do custo

total do produto. No sentido inverso, é vantajoso para componentes com características específicas relativas a peso, dimensão, urgência do envio ou valor da mercadoria. As características técnicas da peça podem influenciar a escolha da alternativa, mas apenas se se revelarem mais importantes do que o fator de custo.

Entre as diferentes características de produtos para os quais se aconselha a utilização da via aérea, incluem-se (Bowersox & Closs, 1996):

- bens com grande valor por unidade de peso (que conduziriam a significativos custos de capital empatado, quando comparados com o custo de transporte);
- bens perecíveis e peças urgentes (para os quais a velocidade é fundamental);
- produtos com reduzido ciclo de vida;
- componentes com características técnicas que impossibilitam o seu transporte por via marítima (por exemplo, componentes elétricos);

2.3.2 Transporte Marítimo

O crescimento populacional, a exaustão dos recursos locais, o congestionamento das estradas e a eliminação das barreiras comerciais são alguns dos fatores que contribuíram para a expansão dos transportes marítimos (Barnhart & Laporte, 2006).

Para algumas categorias de produtos, a via marítima revela-se a alternativa mais económica, particularmente para cargas a granel ou cargas de elevado volume e peso, que necessitem de percorrer médias/longas distâncias e em condições nas quais a velocidade do transporte não seja um fator fundamental. No âmbito do transporte internacional, esta é a modalidade mais utilizada (Chopra & Meindl, 2007). A grande capacidade de acomodar a maioria dos tipos de carga e em grandes quantidades é outra das vantagens mais assinaláveis deste meio.

A sua velocidade de percurso é, portanto, bastante lenta e devido a este elevado tempo de trânsito, a flexibilidade para fazer face a possíveis variações de procura que possam ocorrer é reduzida, aumentando o risco e a incerteza em termos de inventários. Para agravar este facto estão os problemas com possíveis atrasos, devido a operações de pré-carregamento e de transbordo ou a condições climáticas imprevisíveis, que podem levar a serviços irregulares e ao aumento do tempo de percurso (Rushton, Croucher, & Baker, 2006).

Por este motivo, é totalmente inadequado para mercadorias perecíveis e outros tipos de carga que sejam sensíveis a grandes variações de humidade e temperatura.

Sistemas de contentorização

Ao longo das últimas décadas, no transporte de mercadoria que requer múltiplas atividades de manuseamento, tem sido feita uma aposta cada vez mais forte na tecnologia de contentorização. Este sistema tem particular destaque na movimentação de materiais por meio marítimo, existindo duas categorias de contentores no que diz respeito ao seu tamanho: contentores de 20 e de 40 pés (Barnhart & Laporte, 2006).

O contentor permite que pequenas embalagens de material possam ser consolidadas numa única unidade de carregamento, permitindo a obtenção de economias de escala, a diminuição dos processos de carga e descarga e a redução da probabilidade de ocorrência de danos. Num cômputo geral, esta tecnologia permite reduzir desperdícios de tempo em operações de transbordo, melhorando os processos de transporte por via marítima de uma forma global (Rushton, Croucher, & Baker, 2006).

2.3.3 Comparação entre Via Aérea e Via Marítima

A Tabela 1 sintetiza e compara as principais características dos serviços aéreo e marítimo:

Tabela 1 - Comparação entre Transporte Aéreo e Transporte Marítimo

	Via Aérea	Via Marítima
Custo	Elevado	Reduzido
Tempo de Trânsito	Reduzido	Elevado
Flexibilidade	Muito flexível	Pouco flexível
Capacidade de carga	Capacidade limitada	Elevada capacidade. Beneficiada pelo uso de contentores.
Frequência do serviço	Frequência razoável entre grandes centros urbanos	Baixa frequência
Perdas e Estragos	Razoável tendência	Reduzida tendência

Fonte: (Carvalho, 2010)

Apesar destas características dizerem respeito às vias aéreas e marítimas isoladamente, em muitos casos é inevitável a combinação destas com outros modos, surgindo assim os conceitos de multimodalidade e de intermodalidade.

2.3.4 Multimodalidade e Intermodalidade

Devido ao crescimento do transporte internacional, nos últimos anos tem aumentado a utilização do transporte de mercadorias em processos que recorrem a mais do que um modo (X. B. Wang, Zhang, Hong, Guo, & Yu, 2009). Estas soluções permitem a obtenção de ganhos económicos pois garantem uma movimentação mais eficiente dos bens pela possibilidade de cumprir percursos que com um serviço único de transporte seriam impossíveis de completar e pela redução das interrupções relacionadas com o manuseamento de cargas (Ballou, 2004). Daqui advêm duas diferentes variantes de combinação de modos de transporte: a opção multimodal e a opção intermodal.

A Associação Internacional de Transporte Multimodal (IMMTA, 2013) define a multimodalidade como *“uma cadeia que liga diferentes modos de transporte, independentemente, num processo completo que assegura uma eficiente movimentação de bens sob a responsabilidade de um único operador, com emissão de um único documento de transporte”*. Esta variante tem como principais benefícios a redução de perdas de tempo em operações de transbordo e da burocracia associada, a consequente redução de custos de frete e de tempos de trânsito, permitindo otimizar a ocupação das unidades de transporte. Apesar disto, obriga a diversos processos de manuseamento da mercadoria nas situações de troca de modalidade de transporte (Ballou, 2004).

Quanto ao transporte intermodal, este também recorre a diferentes modos, porém os bens são transportados numa mesma unidade de transporte (e.g.: contentores), sem ocorrer quebra de carga nos transbordos. Uma vez que a unidade de carga é a mesma, não existe a necessidade de manuseamento da mercadoria sempre que se troca de modo, sendo que neste caso a documentação de transporte é emitida separadamente por cada operador. Este tipo de solução resulta em operações mais complexas, pois para além de envolver mais do que um modo de transporte, também inclui mais do que um operador e implica a existência de adequados equipamentos de transferência intermodal. Para além da eficiência necessária de cada transportador, é também muito importante que o transbordo entre modos seja executado de forma eficaz (Andersen, Crainic, & Christiansen, 2009). Entre as principais opções oferecidas por esta modalidade, contam-se o transporte de semi-reboques em ferrovia (*piggyback*), o transporte de veículos em navios (combinação camiã-navio) ou a utilização de contentores padrão, capazes de serem integrados em qualquer modo de transporte de superfície (Lambert, et al., 1998).

Como todas as modalidades de transporte possuem características intrínsecas que as diferem e que condicionam o seu desempenho, o processo de seleção do transporte ideal reveste-se de grande

complexidade. Para além de uma interpretação precisa das suas características, é de fundamental importância ter em consideração os *trade-offs* existentes nos transportes.

2.4 *Trade-Offs* nos Transportes

A gestão de transportes não deve ser analisada e otimizada isoladamente, mas sim em consonância com os outros elementos que constituem o sistema de uma Cadeia de Abastecimento (Carvalho, 2010). De modo a auxiliar na seleção mais adequada do tipo de transporte a utilizar, é fundamental a análise dos diferentes *trade-offs* estabelecidos entre os transportes e outras atividades logísticas. Um *trade-off* pode ser entendido como uma situação em que há um conflito de escolha podendo, sob o ponto de vista dos custos logísticos, originar custos adicionais num elemento da cadeia, mas ao mesmo tempo levar a ganhos significativos em outro elemento (Rushton, Croucher, & Baker, 2006). Segundo Chopra e Meindl (2007), nas tomadas de decisão relacionadas com transportes devem-se considerar os seguintes *trade-offs*:

- *Trade-off* entre transporte e resposta ao cliente

A qualidade do serviço ao cliente varia diretamente com o tempo que a empresa demora para atender um pedido / encomenda.

Entregas em pequenos lotes – mais frequentes e possibilitam uma resposta mais rápida – não proporcionam economias de escala e originam elevados custos com o transporte.

Por outro lado, a consolidação de mercadorias permite contrair maiores economias de escala e diminuir o custo de transporte, mas diminui a capacidade de resposta ao cliente.

Meios de transporte com tempos de trânsito mais longos, como a via marítima, são mais baratos que meios de transporte rápidos (via aérea), mas apresentam baixa flexibilidade de resposta às variações de procura, reduzindo o nível de serviço.

- *Trade-off* entre transporte e custos de posse de inventários

Os custos de posse de inventários são o componente mais representativo dos custos logísticos operacionais e correspondem aos custos que uma empresa irá incorrer num determinado período de tempo para manter e armazenar o seu inventário. Frequentemente estes custos são calculados para um horizonte anual e expressos como uma percentagem do custo médio de bens em inventário. Esta

taxa varia de empresa para empresa, pois depende de fatores como o custo de capital, custos com pessoal e seguros, custos de armazenagem ou taxas de amortização (Bowersox & Closs, 1996).

A modalidade de transporte selecionada influencia diretamente o tempo que os inventários permanecem sob a alçada da empresa, quer em trânsito quer em posse. Os custos com inventários dependem do tempo que um bem demora a ser movimentado, o que varia diretamente com o modo utilizado para realizar essa movimentação.

O transporte de peças de elevado valor (como por exemplo componentes eletrónicos importados do extremo oriente) origina altos custos de posse e deverá ser realizado por uma via mais veloz, como a via aérea, podendo conduzir à redução dos custos logísticos globais. Por outro lado, a utilização de uma alternativa mais lenta representa menores custos de transporte mas conduz à necessidade de manter níveis superiores de inventário devido a um maior tempo de trânsito e também a limitações de cargas mínimas. Tomando como exemplo a mudança de serviço de transporte de via aérea para via marítima, esta estratégia implica o aumento dos custos de manutenção de inventários mas origina a redução das taxas de frete (Bhatnagar & Teo, 2009).

A consolidação de cargas também envolve balanços entre o transporte e os custos de manutenção de inventários. Esta estratégia permite a obtenção de economias de escala mas exige que a quantidade total dos lotes seja formada, fator este que acresce às despesas com inventários.

Em suma, a escolha da modalidade de transporte deverá ter em conta os custos com três tipos de inventários: cíclicos, de segurança e em trânsito.

- Inventário Cíclico

Como conceito geral, o inventário cíclico pode ser definido como o *stock* que resulta do reabastecimento das quantidades vendidas ou utilizadas para produção. É o inventário médio de uma cadeia de fornecimento acumulado devido a qualquer produção ou encomenda em lote que excede as quantidades exigidas pelo cliente (Chopra & Meindl, 2007).

Esta estratégia de inventário faz sentido em situações em que é possível prever a procura e as janelas temporais de reabastecimento. Se este cenário se verificar, não é necessária a posse de mais quantidades de materiais do que as quantidades respeitantes ao inventário cíclico.

○ Inventário de Segurança

Este tipo de inventário é utilizado para prevenir flutuações imprevistas na procura e no abastecimento. As variações podem ocorrer por diversos motivos, entre os quais problemas produtivos ou atrasos com transportes. Uma vez que a posse de inventários de segurança acarreta custos às empresas, a redução da incerteza é uma meta a atingir, no intuito de reduzir ao máximo os níveis de segurança necessários. A utilização de transitários que garantam consistência em termos de cumprimento de prazos de entrega é um dos fatores que possibilita essa redução.

○ Inventário em Trânsito

Os inventários em trânsito dizem respeito a toda a mercadoria que está em curso de uma localização para outra, representando uma parte do inventário cíclico apesar de não estar disponível para venda ou produção até chegar ao local de destino (Lambert, et al., 1998).

A média de inventário em trânsito é baseada no tempo de trânsito do modo de transporte utilizado e o volume da procura previsto durante o intervalo de tempo que se pretende estimar. Assumindo o tempo de trânsito como uma proporção do período considerado, os custos com inventários em trânsito são calculados da seguinte forma (Robeson, Copacino, & Howe, 1994):

$$\text{Inventários em Trânsito} = PtVi$$

Em que:

i = custo de posse de inventário (%)

V = valor unitário da mercadoria

P = procura prevista para o período em questão

t = tempo de trânsito da alternativa modal utilizada

• *Outros trade-offs nos transportes*

Para além destes, existem ainda outros *trade-offs* na distribuição, relacionados com o tipo de embalagem utilizada ou a estratégia de armazenagem.

O tipo de embalagem tem influência na dimensão e na densidade das unidades embaladas. O uso de uma embalagem padrão permite normalizar as dimensões da mercadoria, o que possibilita a otimização da ocupação das unidades de carga, facilitando ainda o manuseamento e os processos de

transbordo. Para além disto, a proteção das embalagens admite que a seleção de transporte abranja alternativas menos dispendiosas.

Por interferir diretamente no tempo de posse de inventários o transporte também influencia a armazenagem de material e a organização da rede de armazéns tem impacto na atividade de transporte. A opção pela centralização de armazéns permite reduzir os custos de armazenagem, pela diminuição de custos com mão-de-obra, instalações e equipamentos. Porém, a ausência de proximidade com os mercados provocada por esta estratégia exige uma maior necessidade de movimentação da mercadoria, aumentando custos de transporte. No caso de se recorrer a uma quantidade superior de armazéns intermédios, ocorre a situação inversa: maiores custos de armazenagem, mas redução dos custos com transportes devido à proximidade com clientes e fornecedores (Lambert, et al., 1998).

2.5 *Incoterms*

De forma a gerir conflitos decorrentes da interpretação de contratos internacionais firmados entre exportadores e importadores relativos à transferência de mercadorias, às despesas oriundas das transações e à responsabilidade sobre perdas e danos, a Câmara de Comércio Internacional (CCI) criou termos de vendas internacionais designados de *Incoterms* (*International Commercial Terms*). Os *Incoterms* proporcionam um conjunto de regras para promover o entendimento entre as partes (vendedor e comprador) de forma a evitar mal-entendidos ou disputas legais, determinando as responsabilidades de cada parceiro de negócio em relação ao contrato e tipo de transporte, taxas de importação e exportação de mercadorias, transferência de risco e custo e seguros de transporte. A CCI tem atualizado continuamente estes termos, com o objetivo de acompanhar a evolução das práticas de negócio (Chung & Leeb, 2013).

Inicialmente direcionados aos transportes marítimos e terrestres, abrangeram posteriormente os transportes aéreos. Os *Incoterms* são divididos por siglas (E, F, C, D) com diferentes graus de obrigações por parte dos intervenientes. A Tabela 2 apresenta os *Incoterms* ordenados por ordem crescente de responsabilidade do exportador (vendedor):

Tabela 2 - *Incoterms* Ordenados por Graus de Responsabilidade

Sigla	<i>Incoterm</i>	Descrição
E	EXW (Ex Works)	A transferência do custo e do risco do exportador para o importador ocorre nas instalações do primeiro ou noutro lugar designado.
F	FCA (Free Carrier) FAS (Free Alongside Ship) FOB (Free on Board)	A transferência do custo e do risco para o importador ocorre no local de entrega do país exportador. Isto é, o vendedor entrega a mercadoria a um transportador que é nomeado pelo comprador. No caso do <i>Incoterm</i> FOB, a transferência de responsabilidades ocorre quando a mercadoria estiver a bordo do navio.
C	CFR (Cost and Freight) CIF (Cost, Insurance and Freight) CPT (Carriage Paid To) CIP (Carriage and Insurance Paid To)	O exportador contrata o transporte, sem assumir riscos por perdas ou danos nas mercadorias ou custos adicionais decorrentes de eventos ocorridos após o embarque e despacho.
D	DAP (Delivery at Place) DAT (Delivery at Terminal) DDP (Delivered Duty Paid)	A transferência de custos e riscos para o importador tem lugar no local de destino. O exportador assume toda a responsabilidade para entregar a mercadoria no destino.

Fonte: (ICC, 2010)

A CCI seleciona como unicamente relacionados para o transporte marítimo os *Incoterms* FAS, FOB, CFR e CIF. Os restantes termos destinam-se a todos os modos de transporte, inclusivamente o transporte multimodal.

Existe uma variedade de decisões que devem ser analisadas na seleção do *Incoterm* a seguir. Fatores como o tipo de mercadoria e modo de transporte, restrições governamentais, barreiras geográficas ou o tipo de atividade, devem influenciar a escolha do contrato comercial a estabelecer.

Do ponto de vista do exportador, os *Incoterms* mais vantajosos serão aqueles que remetem a maioria da responsabilidade de custos e riscos para o importador, como o caso dos termos das categorias E e F. O *Incoterm* DDP será o mais benéfico para quem faz a aquisição da mercadoria.

No Anexo I – *Incoterms* pode ser consultada uma representação esquemática dos diferentes *Incoterms* e respetivas responsabilidades de custo e risco (ICC, 2010).

2.6 Seleção do Modo de Transporte

A escolha do tipo de serviço é, portanto, uma das decisões estratégicas mais críticas da gestão dos transportes. Por se tratar de um problema com carácter multicritério, devido às diversas variáveis em jogo que devem ser tidas em consideração – algumas das quais difíceis de quantificar – a sua resolução não é trivial. Para além disso, a importância de cada um dos fatores de decisão pode, frequentemente, variar de estratégia para estratégia e de organização para organização, oferecendo um carácter ainda mais volátil a todo o processo de decisão. Estes fatores obrigam a uma avaliação cuidadosa de cada uma das alternativas para que a escolha seja a mais apropriada (Meixell & Norbis, 2008).

O preço do transporte é frequentemente considerado como a característica determinante na escolha de uma modalidade. Porém, tal como afirma Ballou (2004), o principal foco dos gestores de transporte deverá ser a otimização do nível de serviço. Desta forma, o autor defende que o tempo de trânsito e a respetiva variabilidade são os principais fatores a avaliar, pois traduzem os índices de agilidade e confiabilidade de um serviço.

De acordo com Rushton et al. (2006) o processo decisão passa por quatro etapas fundamentais (Figura 3), abrangendo a análise de fatores operacionais, das características dos diferentes modos de transporte, a caracterização da encomenda e a avaliação do balanço entre custo e serviço.



Figura 3 - Etapas de Seleção do Modo de Transporte – adaptado: Rushton et al. (2006)

A dimensão global adquirida pelos sistemas de transportes faz com que se torne imperativo ter em linha de conta o contexto externo, assim como as características do cliente, do produto e da empresa. Fatores como as infraestruturas, as barreiras comerciais, as condições financeiras, as licenças de exportação, os sistemas de comunicação e a cultura ou o clima, são restrições externas que podem condicionar uma eficaz gestão dos transportes.

Do ponto de vista do cliente interessa ter em consideração condicionantes como o nível de serviço, as restrições de entrega, o seu perfil e importância para o volume de negócios da empresa. Quanto ao produto, importa conhecer o seu peso, volume e valor, bem como o seu estado físico, perecibilidade e condições de acondicionamento.

A estratégia comercial da empresa, a sua rede logística e os seus recursos também influenciam indubitavelmente a seleção da modalidade de transporte mais adequada a utilizar.

Posteriormente a esta análise, deverão também ser discriminadas as especificações dos diferentes modos de transporte e de possíveis combinações entre eles, para depois se terem em conta as restrições específicas de uma encomenda, como o tipo e a unidade de carga, quantidades, prioridade, valor, frequência ou distância. Estas primeiras etapas conduzem à limitação do processo de escolha a apenas algumas alternativas, sendo a decisão final estabelecida pelo balanço entre o custo e o nível de serviço (Carvalho, 2010).

A literatura sobre métodos que auxiliem a tomada de decisão não é muito abrangente, principalmente devido à ausência de dados adequados. No entanto têm sido propostas algumas abordagens para suportar a decisão estratégica a tomar (Samimi, Kawamura, & Mohammadian, 2011).

Kasilingam (1998) aborda a problemática da seleção entre alternativas de transporte através da avaliação de diferentes fatores como a frequência do serviço, velocidade, tempo de trânsito e respetiva variabilidade, disponibilidade, segurança e capacidade de resposta ao cliente. Tendo em conta estes fatores, o autor propõe o recurso a um modelo multicritério aditivo atribuindo pontuações de acordo com a sua maior ou menor importância. Este modelo assume que apenas um modo de transporte pode ser utilizado.

Seguindo também como linha condutora a análise dos fatores qualitativos que caracterizam os diferentes modos, Beuthe e Bouffieux (2008) procuram estimar a sua importância relativa para a tomada de decisão entre modos, através da realização de sondagens e entrevistas com responsáveis pela gestão de transportes de diversas empresas. O estudo mostrou que o papel que estes fatores têm

na escolha final varia de acordo com as especificidades de cada empresa e da sua política de gestão, assim como a sua capacidade para proceder a alterações de meios de transporte.

Em (Wu, 2011), o autor debruça-se sobre problemas de logística internacional e de inventários, verificados numa cadeia de abastecimento que abrange dois países que apresentam diferentes características. O país exportador tem custos de produção, transportes e armazenagem muito inferiores. Para além disto, as licenças de transporte são diferentes nos dois países, o que condiciona o processo de movimentação de bens, sendo possível utilizar frota própria ou recorrer a um serviço externo para fazer face a essa restrição. É assim proposto um modelo de minimização de custos, medindo o *trade-off* entre risco e custo durante o processo de transporte.

Numa abordagem diferente, Cullinane e Toy (2000) recorreram a uma metodologia de análise de conteúdos na literatura sobre a seleção de modos e de rotas de transporte. Esta análise envolve a identificação de características textuais específicas, originando medidas quantitativas simples que facilitam o teste de hipóteses e a criação de inferências a partir de um corpo de texto existente na literatura, proporcionando uma abordagem formal para a identificação e justificação de um conjunto hipotético de atributos que influenciam o processo de decisão.

Um modelo de decisão discreto foi criado por de Jong e Ben-Akiva (2007) aplicado à movimentação de mercadorias em países escandinavos. Os autores desenvolveram um modelo que incide sobre a escolha do tamanho do envio, o recurso a centros de consolidação e de distribuição e a decisão sobre o modo a utilizar. Estas decisões foram incorporadas num modelo de minimização dos custos logísticos totais, incluindo custos de transporte e de posse de inventário.

2.7 Programação Inteira

Desde os seus primórdios, em meados do século XX, que a Investigação Operacional é usada na resolução de problemas relacionados com sistemas de transporte.

Muitos dos problemas que surgem na gestão de transportes podem ser abordados através de modelos e métodos da Investigação Operacional, mais concretamente de programação linear e de programação inteira. A programação linear é um método de otimização que permite a determinação da melhor solução para uma função objetivo linear, podendo esta ser maximizada ou minimizada. Em situações nas quais se pretenda obter uma solução inteira, recorre-se à Programação Linear Inteira pela introdução de restrições que impõem a condição de as variáveis terem de ser inteiras.

O problema mais simples de transportes foi originalmente desenvolvido por Frank L. Hitchcock em 1941 (como referido em (Kumar, Kaur, & Gupta, 2011)), sendo um dos problemas clássicos da

programação linear. Este problema apresenta grande aplicação prática e consiste em determinar a forma mais económica de enviar um bem disponível em quantidades limitadas em certos locais para outros locais onde é necessário, tendo por objetivo a minimização do custo total envolvido na distribuição desse produto, considerando-se que os custos unitários de transporte de cada origem para cada destino são independentes das quantidades transportadas.

A Figura 4 ilustra um problema de transportes com m origens, nas quais se encontram disponíveis quantidades fixas a_i de um dado produto, e n destinos, onde são necessárias b_j unidades. Os arcos que ligam as origens aos destinos dizem respeito aos percursos nos quais o produto pode ser transportado, com um custo C_{ij} e nas quantidades X_{ij} .

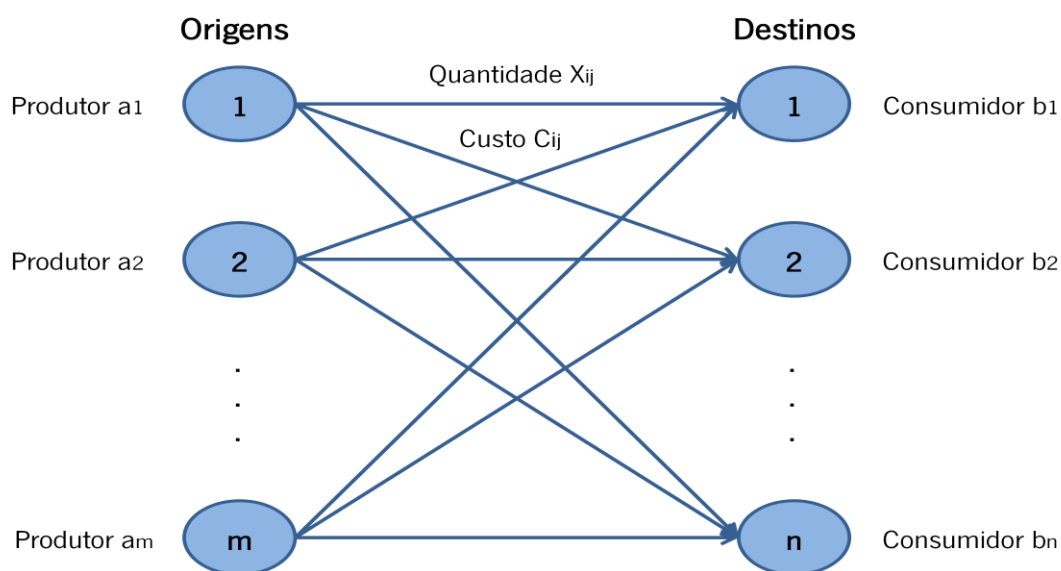


Figura 4 - Representação Geral do Problema de Transportes

Na literatura não existem muitas abordagens utilizando as potencialidades da modelação matemática através de programação inteira aplicada à seleção de modos de transporte. Contudo, alguns autores direcionaram a sua investigação por esta vertente.

De Matta e Miller (2004) versaram o seu estudo sobre a problemática da coordenação de decisões de escalonamento de produção e de transportes entre uma fábrica que produz componentes intermédios e outra que transforma esses componentes em produtos finais. Foi formulado um modelo de programação inteira mista, com o objetivo de minimizar o custo total através da integração de custos produtivos, custos de posse de produto acabado, assim como os custos de frete para cada alternativa de transporte disponível e custos de posse de inventário em trânsito. Este modelo tem em conta três decisões gerais: o escalonamento da produção no local de origem, o escalonamento dos transportes

para o envio do local de origem para o local de destino e o escalonamento da produção no local de destino.

Já Wang e Lee (2005) focaram a sua análise para problemas de afetação nos quais estão disponíveis dois modos de transporte diferentes no local de expedição do produto. Neste estudo considera-se não somente o problema de escalonamento das ordens de produção a serem processadas nas instalações do produtor, mas integra-o com a seleção do modo de transporte mais adequado para fazer a entrega dos produtos finais ao cliente. O objetivo é a minimização do custo total, incluindo ainda os custos provocados por atrasos ocorridos na entrega, recorrendo ao auxílio da programação inteira.

Seguindo a linha de pensamento conduzida por estes autores, a abordagem apresentada nesta dissertação tem como base a aplicação da programação inteira ao problema de transportes, com a integração de outros elementos que tornam o problema mais real e aproximado à tomada de decisão sobre o melhor método de transporte a utilizar.

Desde logo tem em conta diferentes alternativas de transporte possíveis que podem levar a cabo o processo de distribuição da mercadoria. Cada uma destas alternativas terá custos de operação intrínsecos que as farão diferir.

Por outro lado, são também introduzidos os tempos de trânsito dos diferentes modos e dias de encomenda definidos, o que faz aproximar o modelo dos típicos problemas de dimensionamento de lotes. A atribuição da dimensão de tempo ao problema torna-o mais complexo mas também mais real, uma vez que este é um dos fatores mais importantes na comparação entre modalidades de transporte. Visto que uma seleção cuidadosa do meio de transporte não se deverá limitar à contabilização isolada dos custos de transporte, a minimização de custos pretendida com a função objetivo integra também os custos com inventários em trânsito.

A solução final irá determinar, para cada um de um conjunto de fornecedores, qual melhor método para realizar o transporte, assim como o escalonamento dos diferentes envios de acordo com as necessidades da procura.

3. A EMPRESA: BOSCH CAR MULTIMEDIA, S.A.

O projeto que serviu de base a esta dissertação foi desenvolvido na empresa Bosch Car Multimedia Portugal, S.A., uma empresa dedicada à produção de aparelhos multimédia sendo o CAE: 26400 – Fabrico de recetores de rádio e televisão e bens de consumo similares.

Neste capítulo será apresentada a empresa, o mercado no qual está inserida, os produtos, os clientes e a sua estrutura organizacional.

3.1 O Grupo Bosch

Em 1886 foi criada a Robert Bosch GmbH devendo o nome ao seu fundador, um engenheiro alemão que com apenas 25 anos criou a sua primeira oficina mecânica de precisão elétrica. O grande impulso para o sucesso da empresa foi a invenção do primeiro magneto de baixa tensão, aplicado ao sistema de ignição de automóveis, que dá imagem ao globalmente reconhecido logótipo da Bosch. Esta tecnologia serviu de rampa de lançamento para a expansão a nível global, sempre com o foco em produtos inovadores.

A expansão mundial continua nos dias de hoje, com a abertura de novas subsidiárias em cada vez mais países e a aposta em mercados diversificados. No total, a Bosch é responsável por 270 empresas subsidiárias, que se regem por linhas de orientação e valores comuns, e cerca de 300 mil colaboradores por todo o mundo (Bosch Car Multimedia, 2012).

- Visão:

A Bosch pretende “*ser uma empresa de referência mundial no setor eletrónico*”. Para isto, aposta decisivamente no desenvolvimento e na melhoria contínua. Ao ser uma marca de referência, tem também como visão “*atuar como modelo de excelência na orientação para o cliente e na gestão por processos*”.

- Missão:

A sua missão assenta em quatro pilares: a qualidade, a inovação, as pessoas e a busca pela excelência empresarial. Através da cultura da qualidade, da aposta na inovação e tendo sempre como foco a satisfação das necessidades das pessoas, a empresa procura a distinção da concorrência.

- Competências Empresariais e Valores:

Como principais valores que motivam uma procura constante pela melhoria e crescimento, a Bosch foca a sua orientação para o futuro sempre com um forte sentido de responsabilidade, sinceridade, confiança e transparência.

O grupo Bosch desmembra-se em quatro setores de atividade, nas quais estão agrupadas as diferentes divisões (Figura 5). Estes englobam várias áreas industriais e comerciais, desde o setor automóvel, passando por aparelhos de consumo doméstico e ferramentas industriais.

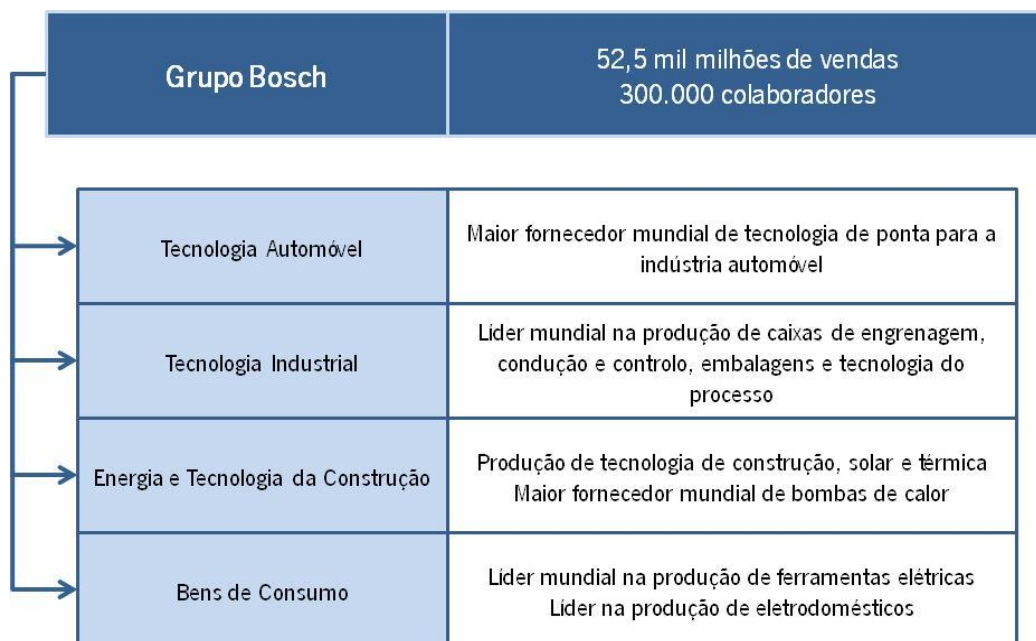


Figura 5 - Unidades de Negócio da Bosch – adaptado: (Bosch Car Multimedia, 2012)

O setor da tecnologia automóvel representa cerca de 60% do total das vendas. Em 2012 o volume de negócios atingiu os 52,5 mil milhões de euros (Bosch, 2013).

3.2 A Divisão *Car Multimedia*

A divisão *Car Multimedia* do grupo Bosch foi formada no início dos anos 30, depois da aquisição da empresa *Ideal*, especializada na produção de auscultadores. Este acontecimento originou o início da produção de autorrádios, levando ao lançamento do primeiro produto desta categoria a nível europeu sob a marca *Blaupunkt*, e possibilitou abranger outros setores de mercado.

Esta abrangência foi crescendo sempre aliada a um grande sentido de inovação, levando a marca a ser pioneira no lançamento de rádios de frequência modulada (FM), em 1952, ou rádios com leitura de

CD, em 1972. Em 1982 desenvolve o seu primeiro sistema de navegação, que é hoje uma das grandes apostas desta divisão.

A estratégia desta secção tem como base a disponibilização de soluções inteligentes que tornem a condução mais fácil, económica e segura. Os pilares que a suportam são a satisfação do cliente, a diferenciação funcional e a liderança nos custos, inovação, qualidade e negócios globais.

Atualmente a sede da divisão *Car Multimedia* encontra-se sediada em Hildesheim, na Alemanha.

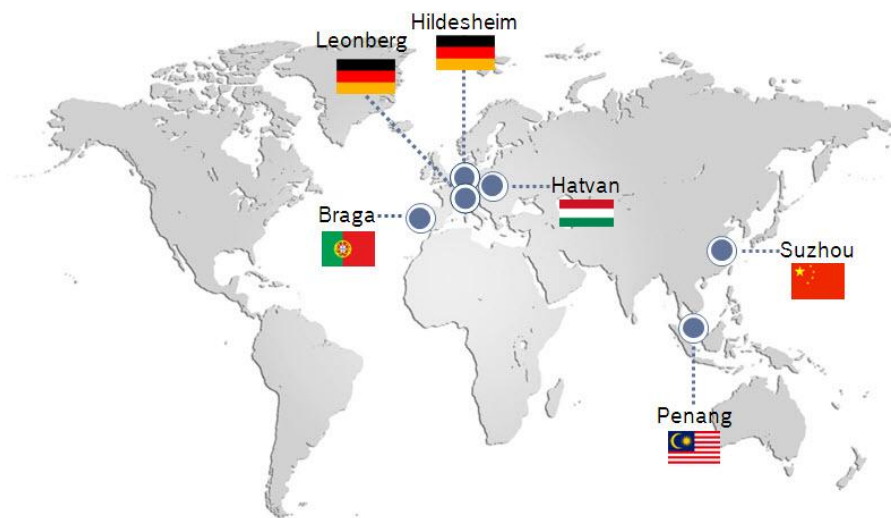


Figura 6 - Localizações da Divisão *Car Multimedia* – reproduzido: (Bosch, 2012b)

3.3 A Bosch em Portugal

A chegada dos produtos Bosch a Portugal aconteceu no início do século XX, pela mão de Roberto Cudell, que se tornou no representante exclusivo da marca em terras lusas. Esta exclusividade manteve-se até ao início da década de 60, altura em que foi fundada a primeira subsidiária Bosch em Portugal.

Nos primeiros anos no nosso país, a Bosch apenas fazia a comercialização direta dos seus produtos, tendo iniciado atividades industriais através da aquisição de 90% do capital da fábrica de termotecnologia Vulcano, em 1988, e da fundação da Bosch Car Multimedia, S.A. ainda sob a marca *Blaupunkt*.

Hoje em dia, em Portugal, a Bosch conta com quatro unidades produtivas – Braga, Abrantes, Ovar e Aveiro - e uma unidade comercial em Lisboa, empregando um total de cerca de 3500 colaboradores. As unidades de Braga e Abrantes destinam-se fundamentalmente à indústria automóvel, em Ovar são produzidos sistemas de segurança e em Aveiro está sediada a unidade de termo tecnologia (produção de esquentadores, caldeiras e outros sistemas de aquecimento).

3.4 Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.

A unidade de Braga, instalada em 1990 com o nome *Blaupunkt*, é a principal fábrica da divisão *Car Multimedia* da Bosch e a maior empresa do grupo em Portugal. A dimensão desta unidade foi crescendo sucessivamente ao longo do tempo e aumentando a sua capacidade até se tornar, em 2010, a maior fábrica de autorrádios na Europa e a sexta na lista de maiores exportadores nacionais.

Com o crescimento da competitividade dos mercados e também devido aos cenários de crise nacional e internacional cada vez mais profunda, a Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. teve de alargar os seus horizontes e diversificar ao seu portfólio de produtos para além do setor da multimédia automóvel. Assim surgiu a aposta em áreas de eletrodomésticos e segurança automóvel, verificando-se um progressivo decréscimo na produção de autorrádios. Sistemas de navegação, controladores elétricos, sistemas para camiões ou sensores e componentes para antenas, são exemplos dessa diversificação de oferta. De referir que nenhum dos produtos fabricados na Bosch/Braga é vendido diretamente ao consumidor final: são colocados nos automóveis e apresentados aos consumidores como parte deles e sob o símbolo da construtora.

A organização da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. está dividida em duas grandes áreas funcionais: a área comercial e a área técnica. A área comercial tem como responsabilidade gerir os departamentos que, embora fundamentais ao funcionamento da empresa, não têm influência direta na fabricação dos produtos. Quanto à área técnica, esta coordena os setores com impacto técnico e direto na produção e qualidade dos produtos (Bosch Car Multimedia, 2012).

3.4.1 Produtos

A unidade de Braga da Bosch é especializada no fabrico e desenvolvimento de produtos eletrónicos complexos, principalmente autorrádios, para os quais assegura a maior fatia de produção da marca, e sistemas de navegação para a indústria automóvel. É ainda responsável por todo o processo de produção, desde a construção do protótipo até à produção em série.

Mais recentemente, o leque de produtos foi-se tornando cada vez mais abrangente, não só na área da multimédia automóvel, mas também no fabrico de produtos para as áreas de eletrodomésticos e da segurança automóvel.

3.4.2 Clientes

A empresa possui uma carteira de clientes oriunda de todo o mundo, contando com as principais marcas dos setores onde se enquadra, como se ilustra na Figura 7. Apesar de grande parte da

produção ter como destino diferentes localizações na Europa, a fábrica de Braga também apresenta assinaláveis percentagens de exportação para as Américas do Norte e do Sul e para a Ásia.



Figura 7 - Clientes da Bosch Car Multimedia, S.A. – reproduzido: (Bosch, 2013)

3.4.3 O Departamento de Logística

O departamento de Logística da Bosch tem como visão assegurar um rápido, estável e sincronizado fluxo de materiais ao longo de toda a cadeia de fornecimento e desenhar e gerir processos logísticos ágeis para os clientes da empresa. A organização do departamento está representada na Figura 8:

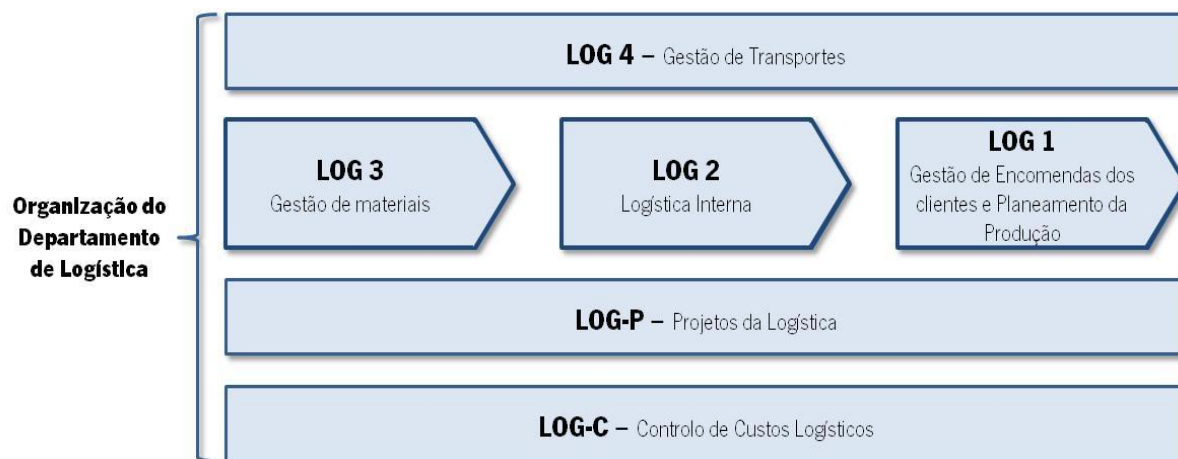


Figura 8 - Estrutura do Departamento de Logística da Bosch – adaptado: (Bosch, 2013)

As seis secções que constituem o departamento são responsáveis pelas seguintes funções:

- LOG1:
 - Gestão das encomendas dos clientes;
 - Planeamento da produção;
 - Expedição.
- LOG2:
 - Receção e expedição;
 - Abastecimento à produção;
 - Desenvolvimento de embalagem de cliente e matéria-prima para a montagem final.
- LOG3:
 - Compra de peças elétricas e mecânicas para produção e para novos projetos;
 - Gestão de *stocks*;
 - Análise de indicadores: inventários de matéria-prima, cumprimento de prazos de entrega, custos com transportes, etc.
- LOG4:
 - Organização de transportes por camião: milk runs locais, nacionais e europeus e via marítima (Algeciras/Braga);
 - Controlo de fretes (importação e exportação);
 - Organização de transportes urgentes (furgões, vias aéreas, *charters*) e transportes específicos para todos os setores da fábrica;
 - Suporte para todos os envios que necessitam de serviços alfandegários;
 - Desenvolvimento de embalagens.
- LOG-P:
 - Realização de projetos e suporte às várias áreas da logística da empresa;
 - Implementação de princípios da metodologia *lean*;
 - Melhoria de processos chave da cadeia de abastecimento.
- LOG-C:
 - Controlo dos custos logísticos;
 - Análise do desempenho das secções logísticas e respetivos custos.

4. CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Com este capítulo analisa-se a situação e os processos atuais pelos quais se rege a gestão de abastecimento da empresa e mais concretamente o sistema de transportes para a importação de matéria-prima do mercado asiático.

A partir desta análise, definem-se os problemas que foram identificados e para os quais se propõe resolução numa fase posterior da dissertação.

4.1 Análise da Situação Atual

Uma empresa com a envergadura da Bosch Car Multimedia Portugal, S.A. mantém relações comerciais com centenas de fornecedores e clientes de todo o mundo e apresenta enorme variedade e complexidade produtiva. Tendo em conta a sua dimensão, recorre a quase todos os serviços de transporte e este cenário exige uma gestão o mais rigorosa possível dos seus processos, seja ao nível da importação como da exportação, de modo a assegurar um correto e atempado abastecimento da unidade industrial e o cumprimento e satisfação das exigências dos seus clientes.

Para isto, a equipa de gestão de transportes LOG4-TM (*Transportation Management*) deve reunir esforços para avaliar e disponibilizar as alternativas mais vantajosas e consentâneas com as necessidades para a receção dos materiais e expedição dos produtos, sempre em estreita colaboração com as restantes secções do departamento de Logística, em particular a equipa de LOG3 (Gestão de Materiais).

Considerando a quantidade de variáveis que se devem ter em conta nos processos de abastecimento e a sua grande volatilidade, é de extrema importância seguir de perto não só os fornecedores, como também todos os elementos responsáveis pelo transporte, tais como transitários, armazéns intermédios e todos os processos de carga e descarga e questões alfandegárias. É por este motivo que a Bosch, e mais concretamente a secção de transportes, monitoriza com rigor a movimentação da mercadoria, desde que esta é expedida das instalações do fornecedor até ao momento em que chega à unidade de Braga.

O transporte da mercadoria faz-se de acordo com as diretrizes da empresa, que escolhe o modo e o transitário para o efetuar de acordo com o tipo e o destino da carga. Por operar em localizações geográficas extremamente díspares, a Bosch tem contratos com diferentes transitários que utilizam diferentes modalidades de transporte. Estas empresas responsáveis pelo trânsito das matérias-primas

devem definir prazos para as entregas e cumpri-los, sob pena de atrasar ou falhar o abastecimento. Apesar da indubitável importância dos transitários, os fornecedores assumem-se como os grandes responsáveis pelo garante da eficiência no abastecimento da Bosch. Entre as principais razões na ocorrência de falhas estão os atrasos nas entregas dos fornecedores, as antecipações de encomenda por parte dos clientes ou diferenças nas quantidades enviadas relativamente ao que foi requerido.

4.1.1 Importação de Matéria-Prima do Mercado Asiático

Ao longo das últimas décadas o continente asiático registou uma surpreendente expansão económica e foi largamente citado como um exemplo de crescimento sustentado. Como bases deste desenvolvimento estiveram o elevado dinamismo económico da região, uma estratégia comercial voltada para o exterior, maior especialização da indústria e preços mais baixos.

Para além disto, o enorme desenvolvimento portuário da região - que conta com alguns dos maiores e mais desenvolvidos portos a nível mundial - permitiu estreitar ligações entre o mercado asiático e o resto do mundo. A localização e proximidade das fábricas a estes portos, bem como a aeroportos e outros centros industriais, aliado aos fatores económicos supracitados representam para os fornecedores asiáticos um decisivo ganho em termos competitivos quando comparado com fornecedores de outras regiões do globo.

Todos estes fatores levaram a empresa a apostar neste mercado emergente, embora longínquo, concentrando uma parte dos seus fornecedores neste continente. A Bosch mantém relações de negócio com mais de 320 fornecedores, sendo que praticamente metade deste número (48%) se situa na Ásia Oriental – a restante fatia diz respeito a fornecedores europeus, dos quais 24% são portugueses (Bosch, 2012a).

Devido às grandes distâncias que o material tem de percorrer desde os diferentes destinos na Ásia até à fábrica da Bosch em Braga, apenas duas alternativas de transporte se revelam adequadas: via aérea e via marítima. Tendo em conta a impossibilidade de se realizar o transporte porta-a-porta para materiais de grande peso e volume, é inevitável o recurso a variantes multimodais, combinando os modos acima referidos com o transporte rodoviário.

Relativamente à seleção da modalidade, e tendo em conta que se cinge a apenas duas possibilidades, adicionalmente às características físicas das peças (pesos, volumes), tarifas de transporte de cada alternativa e quantidades enviadas, existem restrições relativas às especificações técnicas dos componentes que condicionam a decisão. Um exemplo são os componentes eletrónicos: devido às

suas características, estas peças são sensíveis a grandes variações de temperatura e humidade, o que obriga a que o seu transporte seja efetuado unicamente por via aérea.

Nos processos de transporte, as mercadorias são habitualmente acomodadas em paletes, com dimensões específicas acordadas pela empresa com os fornecedores. Por padrão cada palete deverá corresponder a um único produto com quantidades fixas, também definidas no contrato dos fornecedores com a empresa. Esta quantidade mínima por envio denomina-se de MOQ (*minimal order quantity*), sendo que o LOG3 ajusta as encomendas em conformidade.

No que respeita aos processos de importação de materiais, os *Incoterms* são negociados pelo departamento de compras central, na Alemanha. Atualmente, o termo preferido pela Bosch é o FCA (*Free Carrier*), tanto na importação como na exportação, no qual o comprador é responsável pelo meio de transporte e assume toda a responsabilidade em termos de riscos e custos a partir do momento em que a mercadoria fica ao cuidado do transportador. Visto ter um grande volume de compras, a Bosch tem a capacidade de acordar bons contratos com os transitários, pagando menos pelo produto importado e responsabilizando-se pelo transporte. Apesar desta preferência, a aplicação deste *Incoterm* não sucede em todos os casos. Nem todos os fornecedores ou clientes têm capacidade para trabalhar regidos sob um determinado *Incoterm*, devido a contratos antigos, sendo difícil para a empresa utilizar o FCA para todos os casos. No entanto estes contratos continuam a ser objeto de negociações através dos departamentos de compras e vendas centrais.

4.1.2 Via Aérea e Via Marítima

Como anteriormente referido, são utilizadas predominantemente duas modalidades para o transporte de mercadorias provenientes de locais geograficamente longínquos, mais concretamente as variantes multimodais camião-barco-camião e camião-avião-camião.

Atualmente os transitários aos quais a Bosch recorre para realizar este processo são a Panalpina e a Kuehne-Nagel (K&N), utilizando os contratos centrais da Bosch em Estugarda. A primeira é apenas responsável pelo transporte por via aérea, enquanto a segunda acumula este modo com o transporte regular por via marítima.

Para o envio de mercadorias urgentes e mais leves é frequente recorrer-se à DHL ou à UPS, que oferecem serviços mais rápidos de tráfego, porém mais caros.

Via Marítima

A elevada incidência dos fornecedores asiáticos nos processos de abastecimento da Bosch Car Multimedia, S.A., ou seja, uma grande concentração de fornecedores numa região específica do globo, permite que exista uma rota única que abrange vários portos. Isto permite a consolidação de cargas num contentor completo, nos armazéns da K&N, de modo a otimizar a sua ocupação. Esta consolidação é feita pela junção de mercadorias enviadas por diferentes fornecedores ou mais do que um envio por parte do mesmo fornecedor. Os envios são realizados semanalmente e com um tempo de trânsito de aproximadamente 6 semanas, variando de acordo com a origem e a janela de descarga estipulada pela Bosch.

A rota que fornece a Bosch é denominada de AE6 (Figura 10) e abarca os portos Hong Kong, Xangai (China), Singapura e Penang (Malásia). Apesar disto, possibilita a receção de cargas de fornecedores localizados em Taiwan (porto de Keelung) e Tailândia (porto de Bangkok) através de um navio de pequenas dimensões para trajetos mais curtos – *feeder*. Estas cargas são posteriormente consolidadas em Singapura, num centro de consolidação internacional (*Multi Country Consolidation*) sob a alçada do transitário. A Figura 9 representa este processo de consolidação.

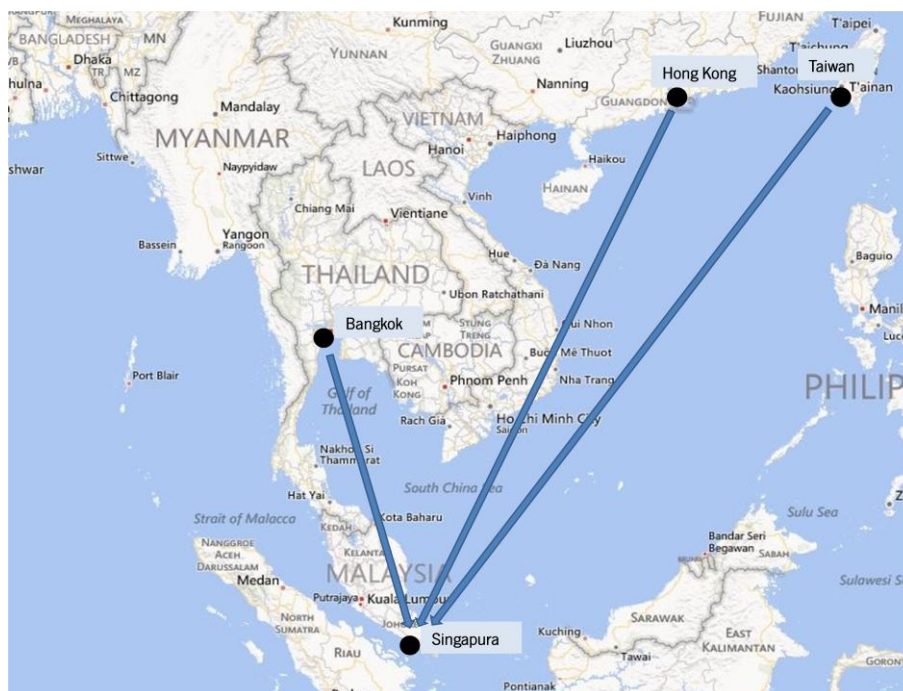


Figura 9 - Centro de Consolidação Internacional – adaptado: (Bosch, 2012a)

O porto de entrada na Europa localiza-se em Algeciras, Sul de Espanha, onde se procede ao desalfandegamento da mercadoria, ocorrendo o transbordo das cargas consolidadas para um armazém da K&N dentro do porto, de forma a ordenar os envios para a Bosch/Braga. De Algeciras a

mercadoria segue de camião até ao armazém da Bosch de acordo com as janelas de descarga definidas.



Figura 10 - Rota AE6: Transporte Marítimo Ásia-Braga – adaptado: (Bosch, 2012a)

- Estrutura de Custos:

Os custos incorridos pela utilização do meio marítimo podem dividir-se nos seguintes elementos:

- Despesas de levantamento e despachos de exportação na alfândega (*Pré-Carriage*): aplicável apenas para fornecedores com *Incoterm* “ex Works” ou origens que não façam parte da rota principal dos navios (AE6);
- Frete principal (*Main Carriage*): transporte marítimo porto-a-porto, por contentor (20’ ou 40’);
- Manuseamento das cargas (*Handling*): descarga dos contentores no porto de Algeiras e colocação no armazém da K&N;
- Transporte posterior ao porto de descarga (*On-Carriage*): transporte terrestre de Algeiras até à Bosch/Braga.

Via Aérea

Como foi referido, a redução de tempo de transporte que é possível obter através do recurso à via aérea para a movimentação de materiais é significativa, mas obriga a contrair custos substancialmente superiores.

Esta alternativa de transporte é também utilizada em grande escala pela Bosch para o transporte de matéria-prima proveniente do continente asiático, principalmente para o caso de peças com características que não permitam o transporte marítimo e no caso de urgências.

Para este modo a estratégia de gestão da mercadoria ganha uma forma diferente quando comparada com a via marítima, uma vez que neste caso não existem armazéns centrais de consolidação nem outros armazéns intermédios a cargo da Bosch. A entrega é feita por parte do fornecedor diretamente no aeroporto de origem ou levantada pelo transitário (quando o *Incoterm* aplicado é EXW ou FCA no local do fornecedor). Os processos de manuseamento e carga do material são da responsabilidade do transitário selecionado pela empresa. Este transitário faz a ligação entre vários aeroportos asiáticos e diferentes aeroportos europeus, como Luxemburgo, Amsterdão, Colónia, Barcelona, etc., a partir de onde os materiais são transportados até ao Porto, ocorrendo aí a desalfandegamento. Finalmente é efetuada a entrega na Bosch/Braga nas janelas de descarga previstas.

Para casos de envios urgentes existe a alternativa *Flash*, um serviço aéreo mais rápido do que o transporte aéreo regular, mas com custos assinalavelmente superiores. Recorre-se a esta opção em casos de falhas de materiais devido a paragens do abastecimento, atrasos causados pela demora de outros meios de transporte, erros de quantidades de encomendas ou variações bruscas na procura por solicitação dos clientes.

- Estrutura de Custos:

Os elementos de custo que o transporte aéreo acarreta são similares aos da via marítima, apesar de calculados de forma diferente. Enquanto os custos do frete principal marítimo são atribuídos pelo custo total do contentor, na via aérea estes variam de acordo com o maior de dois pesos: peso bruto e peso taxável da mercadoria. Este último é calculado a partir do volume da carga, da seguinte forma:

$$\text{Peso Taxável} = \frac{\text{Volume da carga (cm}^3\text{)}}{8000}$$

Assim, as modalidades de custos de transporte aéreo são as seguintes:

- **Despesas de levantamento e despachos de exportação na alfândega (*Pre-Carriage*):** aplicável apenas para casos em que os fornecedores tenham *Incoterm* EXW. Nos restantes, este custo não é contabilizado;
- **Frete principal (*Main Carriage*):** transporte aeroporto-a-aeroporto;

- **Manuseamento das cargas (*Handling*):** manuseamento da mercadoria através dos prestadores de serviço no aeroporto do Porto;
- **Transporte posterior ao porto de descarga (*On-Carriage*):** transporte terrestre do Porto até à Bosch/Braga;
- **Taxas de combustível e segurança:** variáveis de acordo com a origem.

4.2 Apresentação do Problema

Nesta secção descrevem-se os principais problemas identificados nos processos de importação de mercadoria do Extremo Oriente. Estes são decompostos em dois grupos gerais: as dificuldades na seleção de modos de transporte e as imprecisões nas estimativas de custos dos transportes especiais.

4.2.1 Seleção do Modo de Transporte (Via Aérea ou Via Marítima)

A decisão sobre o modo de transporte é da responsabilidade da Bosch e mais concretamente da secção de LOG4, sendo selecionado um modo preferencial para cada fornecedor em conjunto com LOG3.

O primeiro critério de escolha tem que ver com o tipo de material das peças a transportar. Existem diversos fornecedores que, devido ao material constituinte ou às características de funcionamento das suas peças, têm já um modo de transporte estipulado por defeito. A Tabela 3 mostra as diferentes categorias de peças definidas pela empresa e os respetivos modos associados:

Tabela 3 - Tipos de Produtos por Modo de Transporte

Via Marítima	Via Aérea	Marítimo ou Aéreo
<ul style="list-style-type: none">• <i>Drives</i>• <i>PCB</i>	<ul style="list-style-type: none">• Peças ativas• Peças de iluminação• Peças passivas• <i>Displays</i>	<ul style="list-style-type: none">• Peças metálicas• Peças plásticas• Peças de montagem• Peças eletromecânicas

Fornecedores de componentes como *drives* (mecanismos de montagem) ou placas de circuito impresso (*PCB*) devem ser transportados por via marítima, enquanto que para o transporte de peças ativas (circuitos integrados), peças de iluminação, peças passivas (condensadores, resistências, etc.) ou *displays* deve recorrer-se à via aérea. Contudo, peças metálicas, plásticas ou eletromecânicas não

possuem especificidades que influenciem diretamente o serviço de transporte a utilizar e é sobre os fornecedores responsáveis por este tipo de componentes que o foco da análise deverá recair. Atualmente, o número de fornecedores deste grupo ascende a cerca de 50.

Caso não existam restrições quanto ao modo de transporte, o passo seguinte é fazer uma avaliação cuidadosa de todos os custos envolvidos nas duas alternativas. Porém, este é um estudo complexo pelo facto de exigir o cruzamento de diversa informação relacionada com pesos e dimensões das peças, informações sobre os fornecedores, custos de frete e custos com inventários. Esta complexidade resulta num processo moroso, o que para além de acarretar gastos de tempo e recursos, impossibilita também a obtenção de resultados imediatos. Em caso de ser necessária a alteração do serviço, este último fator origina ainda custos acrescidos que poderiam ser evitados se existisse um método de cálculo mais sistemático.

Numa situação ideal, a análise deveria ser efetuada sempre que um determinado fornecedor abastecesse novas peças ou em caso de grandes alterações nas quantidades abastecidas de peças já existentes. A dificuldade em realizar este tipo de análise, agravada pela dimensão do universo de fornecedores a analisar, provoca um deficiente acompanhamento dos componentes pelos quais cada um deles é responsável. Na fase de amostras, por se tratarem de pequenas quantidades e peso reduzido, por padrão decide-se pelo seu transporte por via aérea. Já na fase de produção em massa de um novo projeto, LOG3 deveria informar LOG4 da existência de novas peças.

À medida que um fornecedor vai ganhando novos projetos, a quantidade e variedade de peças irá com certeza aumentar, tornando necessária uma análise contínua aos custos de transporte associados. Por não existir essa continuidade, existe maior probabilidade de não se identificar uma possível necessidade de alteração de modo de transporte e, por consequência, um descontrolo nos custos. Esta situação verificou-se em alguns casos recentes na empresa. A secção da Gestão de Transportes começou a detetar a possibilidade de existência de fornecedores mal avaliados aquando da receção de faturas que apresentavam valores muito elevados. Foi também confirmado pelo departamento de LOG-C (Controlling) o aumento nos custos de transportes globais relativos à importação de matéria-prima.

Um destes casos foi o fornecedor *A_Supplier*, de Penang (Malásia), que abastece maioritariamente peças plásticas.¹ De acordo com o responsável pelo departamento, faturas de vias aéreas com valor superior a 1.000€ são consideradas muito elevadas e elucidativas de que o modo utilizado para o transporte poderá não ser o mais adequado. Neste caso em concreto, o primeiro alerta foi sentido

¹ Devido a restrições de confidencialidade impostas pela empresa, todas as informações sobre fornecedores, peças ou custos acordados em contratos com transitários não são revelados.

sensivelmente a meio do ano de 2012, pois os custos com envios aéreos superiores a esse valor eram cada vez mais frequentes.

Procedendo-se a uma comparação rápida e geral, a totalidade de envios com custos superiores a 1000€ para os primeiros 6 meses de 2012 rondou os 50.000€, correspondendo ao transporte de 154 paletes. Sabendo que se fosse utilizado o transporte marítimo para realizar estes envios seriam necessários 3 contentores de 40' (ocupação média de 60 paletes cada um), e pela consulta das tarifas de frete dos transitários, o custo seria de aproximadamente 10.200€. Este valor total é bem inferior ao preço pago pela utilização do avião para abastecer as peças deste fornecedor. Apesar de ser uma estimativa com alguma margem de erro e que não contabiliza ainda custos de posse de inventário, o seu resultado foi sintomático da necessidade de efetuar um estudo mais profundo.

Assim, o primeiro passo passou por reunir os dados relativos a pesos, dimensões e quantidades de todas as peças, através de contactos com o fornecedor e medições presenciais no armazém de receção de materiais da Bosch. Posteriormente, com o auxílio desta informação calcularam-se os custos de frete. Simultaneamente o responsável pelo departamento Logístico do *Controlling* (LOG-C) calculou todos os custos de manutenção de *stocks* tanto em armazém como em trânsito, bem como custos de armazenagem. Todo este processo obrigou ao envolvimento de diversos departamentos e a tomada de decisão foi relativamente demorada, mais concretamente cerca de 3 meses desde que o estudo se iniciou.

Por fim, concluiu-se que era mais rentável fazer-se o transporte do fornecedor pelo meio marítimo. A partir deste momento o fornecedor foi informado da alteração, o que implicou as seguintes fase:

- Fase 1: aumento da produção do fornecedor e manutenção do transporte por via aérea, de forma a aumentar os *stocks* em armazém e garantir o abastecimento da fase de transição;
- Fase 2: etapa de desfasamento; utilização dos dois tipos de transporte, com aumento gradual das quantidades movimentadas por barco e simultânea redução por avião;
- Fase 3: a partir do momento de receção do primeiro envio por via marítima, cessaram os transportes aéreos regulares; mantiveram-se receções semanais de material, tal como acontecia na via aérea.

A fase completa de transição percorre tipicamente um período de 3 meses, em condições ideais. A situação inversa (marítimo para aéreo) é substancialmente mais rápida.

Recorreu-se a este exemplo para descrever todos os passos que tiveram de ser percorridos desde que se identificaram envios com custos muito elevados até ao momento em que a alteração de via aérea para via marítima se consumou. Como foi dito, para além do descontrolo nos custos ter sido detetado só através da faturação elevada (posterior ao envio), tratou-se de um processo muito demorado e que obrigou ao envolvimento de várias pessoas de diferentes departamentos.

Em suma, os principais problemas identificados foram:

- Deficiência na comunicação entre o Departamento de Compras, Gestão de Materiais e Gestão de Transportes no que respeita à informação sobre introdução de novas peças;
- Detecção posterior de aumentos elevados nos custos com transportes regulares pré-definidos;
- Morosidade e complexidade do processo de avaliação da alternativa mais rentável;
- Incapacidade de obter resultados imediatos.

Estas limitações poderiam ser significativamente minimizadas se existisse um sistema permanente de suporte a este tipo de decisões.

4.2.2 Estimativa de Custos de Transportes Especiais

Para além deste problema, identificou-se uma outra limitação relacionada com a dificuldade em estimar custos sempre que era forçoso recorrer a um serviço de transporte especial. Este processo é da responsabilidade do departamento de LOG3, com ligação ao setor do planeamento da produção (LOG1) e explica-se de seguida.

Existe um plano de produção rolante a 12 meses de acordo com a previsão de procura do cliente. Devido à situação atual de mercado, existem situações de alteração do plano a curto prazo, sejam acréscimos da procura ou pedidos excecionais/especiais do cliente, motivados pelos baixos níveis de stocks mantidos tanto por este como pela Bosch.

Nestes casos, os planeadores (LOG1) comunicam com os responsáveis pela gestão de materiais (LOG3) para se informarem sobre quais as possibilidades, em termos de inventário de matéria-prima, para fazer face a essas variações. Simultaneamente também se analisa com a produção a capacidade da linha dedicada ao produto em questão: se existe ou não folga de capacidade para aumentar o plano de produção a curto prazo.

É então realizada uma simulação de quantidades no caso de grandes alterações a curto prazo, na qual se comunica quais as ações a tomar. Em situações nas quais o material em inventário não seja suficiente para responder às necessidades do cliente, a alternativa será efetuar um transporte especial

para receber as quantidades em falta na data pretendida. Por transporte especial entende-se que o transporte regular marítimo é convertido em transporte por via aérea ou este em serviço *Flash*. De acordo com as necessidades em falta, LOG3 terá de informar a secção de Planeamento acerca da diferença de custos entre o transporte especial e o transporte regular habitualmente utilizado, de forma a iniciar-se o processo de negociação com o cliente para este assumir o pagamento dessa diferença.

Porém, devido à inexistência de um recurso que permitisse o cálculo destes custos, apenas se realizava uma estimativa que resultava frequentemente em valores assinalavelmente distantes do valor real. Esta imprecisão na informação comunicada ao cliente condiciona fortemente o processo de negociação, culminando habitualmente na recusa do cliente em assumir novos custos de transporte, depois de comunicados os custos estimados. Isto é, o pagamento dos custos remanescentes ao valor acordado é recusado pelo cliente, sendo assumido pela Bosch. Para além disto, a complexidade das negociações provoca grandes desperdícios de tempo devido à sua morosidade.

De acordo com informações recolhidas na empresa, no ano de 2012, estas estimativas apresentaram uma margem de erro total de cerca de 25% por excesso. O mesmo será dizer que os valores transmitidos por LOG3 para LOG1 e deste para o cliente foram extremamente inflacionados.

De forma sintética, os principais problemas relacionados com a determinação de custos com transportes especiais são:

- Grande desfasamento entre os custos estimados e os custos reais;
- Transmissão de informação imprecisa;
- Dificuldades evitáveis na negociação com o cliente;
- Perda de confiança do cliente e desperdícios de tempo e recursos em negociações complexas e não raras vezes em sucesso.

5. FERRAMENTA INFORMÁTICA DE DECISÃO

As limitações identificadas determinaram a necessidade de criar um recurso que permitisse um acompanhamento mais próximo dos custos e uma mais rápida obtenção de resultados e que se fixasse como um auxílio permanente à tomada de decisão.

Posto isto, e depois de uma avaliação inicial em parceria com o responsável pela gestão de transportes, decidiu-se avançar para a construção de uma ferramenta de cálculo que possibilitasse realizar comparações de custos de transporte entre modos de uma forma muito mais espontânea e rigorosa.

Neste capítulo descreve-se o programa criado, as suas funcionalidades e os resultados que permitirá obter.

5.1 Objetivos do Projeto

Com o projeto de desenvolvimento da ferramenta comparativa de custos entre modalidades de transporte pretendeu-se:

- Criar um método de suporte à tomada de decisão sobre o modo de transporte utilizado para cada um dos fornecedores do mercado asiático;
- Permitir uma comparação mais rápida e intuitiva dos custos de transporte e agilizar o processo de seleção;
- Por conseguinte, reduzir desperdícios de custos, recursos e tempo despendidos com a realização de análises não sistematizadas;
- Detetar mais rapidamente casos passíveis de implicarem a alteração do serviço utilizado;
- Permitir uma estimativa mais precisa da diferença de custos entre transportes especiais e transportes regulares, para efeitos de negociação com o cliente;
- Evitar a transmissão e utilização de informação incorreta, facilitando as negociações com o cliente.

5.2 Descrição da Ferramenta Informática

Com o intuito de dotar o departamento de gestão de transportes da empresa com uma maior capacidade para determinar de um modo rápido, rigoroso e simples, qual o melhor método de

transporte para cada um dos fornecedores asiáticos de matéria-prima, desenvolveu-se uma ferramenta informática com recurso à programação em linguagem Visual Basic (VBA).

Numa primeira instância identificou-se qual o problema em concreto e qual a necessidade específica para a construção da ferramenta de análise. A dificuldade em manter um estreito acompanhamento em relação à evolução da quantidade e variabilidade de peças disponibilizadas por cada um dos fornecedores, e consequentemente, a morosidade que uma análise do género acarreta, obrigava a que o programa fosse de fácil utilização e manutenção.

Não menos importante foi a determinação de todas as variáveis que influenciam os cálculos, para se automatizar o mais possível o sistema. De forma a compilar todos os dados relevantes para se proceder à avaliação dos custos de transporte, através do código VBA construído, a ferramenta de cálculo importa dados provenientes de quatro diferentes ficheiros de informação interna da empresa, tal como se esquematiza na Figura 11:

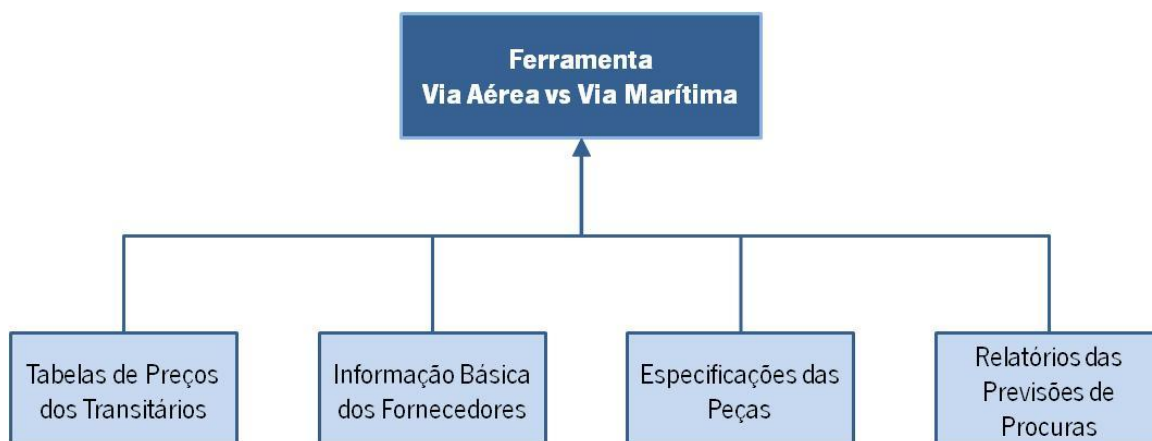


Figura 11 - Fontes de Informação da Ferramenta Informática

- Tabelas de Preços dos Transitários:

Desde logo torna-se impreterível identificar quais as diferentes taxas de frete a considerar e o seu impacto na estrutura de custos final. Tendo em conta que algumas destas taxas têm um carácter bastante variável – tal como as taxas de câmbio e de combustível – e uma vez que um dos principais objetivos foi a simplificação dos processos quer de utilização como de atualização do sistema, optou-se por utilizar as tabelas de preços que são originalmente enviadas para a Bosch pelos transitários. Estas tabelas possuem ainda informação sobre os tempos de trânsito relativos a cada origem.

A informação serve de base a todos os cálculos de custos de frete efetuados.

- Informação Básica dos Fornecedores:

Os dados gerais dos fornecedores asiáticos são importados a partir de uma base de dados gerida internamente pela Bosch, onde se encontra armazenada a informação sobre todos os fornecedores da empresa, respetivas origens e *Incoterms*, modo de transporte utilizado, dias de *stocks* de segurança, assim como informações sobre contactos.

A importação e o armazenamento desta informação na ferramenta permitem que estes dados sejam de fácil acesso e estejam sempre disponíveis, permitindo automatizar o processo de utilização.

Para além disto, características como a origem ou o tipo de *Incoterm* são também necessárias para o cálculo dos custos de frete.

- Especificações das peças:

A estimativa de custos afigura-se impossível sem a obtenção de informação relativa a pesos, volumes e quantidades das peças pelas quais cada fornecedor é responsável. Este requisito levou à construção de uma base de dados paralela com informação acerca das especificações das peças, obtida a partir de um formulário normalizado que é entregue ao fornecedor para aprovação das características das embalagens, denominado de "*Packaging Specification Form*" (PSF), no qual regista dimensões, pesos ou quantidades. No Anexo II – PSF (*Packaging Specification Form*) apresenta-se um exemplo de uma destas PSF's.

No caso de peças mais antigas que ainda não estavam registadas nesse formulário, os dados foram sendo obtidos através de contacto direto com os fornecedores.

- Relatórios das procuras de matéria-prima:

Estes relatórios são gerados a partir do *software* de gestão utilizado pela Bosch (SAP) e apresentam as procuras médias mensais previstas para todos os componentes que irão ser usados na produção, assim como o respetivo valor unitário. A informação daqui retirada é aplicada no cálculo dos custos de posse de inventário, quer em armazém quer em trânsito.

O conceito original previa apenas a construção de um recurso para apoiar a decisão de qual a modalidade de transporte mais rentável. Porém, devido às dificuldades manifestadas pelo setor da Gestão de Materiais em determinar diferenças de custos entre o transporte regular marítimo e os

transportes aéreos especiais, optou-se por aproveitar as potencialidades da ferramenta e acrescentar essa alternativa.

A Figura 12 representa a interface inicial do programa, que permite seleccionar o tipo de análise que se pretende efetuar.

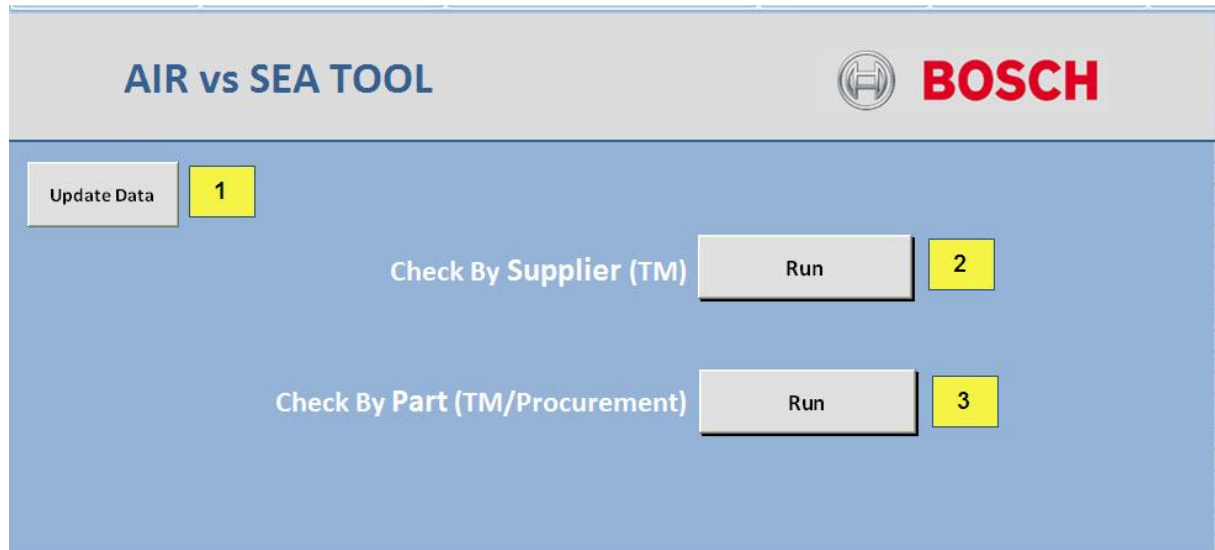


Figura 12 - Interface Inicial do Programa Desenvolvido

1- Atualização dos dados relativos aos fornecedores e respetivas peças:

Importa os dados para o sistema, garantindo que novos fornecedores ou novas peças sejam acrescentados de forma automática.

2- Comparação geral de custos entre via aérea e via marítima para cada fornecedor:

Esta análise é da responsabilidade do departamento de LOG4-TM.

3- Estimativa das diferenças de custos entre transportes especiais e o transporte regular:

Fica a cargo do setor de LOG3, podendo ser utilizado também pela equipa de transportes, sempre que se verificar necessário.

5.2.1 Seleção do Modo de Transporte (Via Aérea ou Via Marítima)

Inputs

Uma vez que um dos requisitos para a criação desta ferramenta foi a facilidade de utilização, tentou-se reduzir o mais possível a quantidade de dados que o utilizador teria de introduzir. Assim, apenas se torna necessário escolher o fornecedor que se pretende analisar, qual o transitário que realiza a operação de transporte aéreo (pelo facto de existirem duas possibilidades), o tipo de contentor utilizado pelo transporte marítimo (20' ou 40') e, por fim, o aeroporto e o porto de origem.

Estes dados permitem gerar automaticamente a restante informação necessária para a realização dos cálculos. A partir da seleção do fornecedor é gerada a respetiva origem e *Incoterm* e os tempos de trânsito para os dois meios de transporte. Para além disto, também se listam todas as características relativas às peças do fornecedor em questão.

Por fim, o resultado obtido diz respeito a uma extrapolação anual. Uma vez que os envios de matéria-prima são cíclicos, de semana a semana, a partir de uma média mensal é possível determinar qual o resultado anual final. Estes custos são determinados pelo cruzamento da informação sobre as peças, dos custos de transporte constantes no contrato com os transitários e dos registos dos consumos médios de matérias-primas da Bosch.

Para além dos custos com o tráfego das mercadorias é também impreterível identificar os custos de posse de inventário. É a conjugação dos dois que permitirá obter a decisão final.

Funcionamento da Ferramenta

De maneira a elucidar sobre o funcionamento da aplicação informática, apresenta-se um exemplo de comparação de custos para um determinado fornecedor, de acordo com a estratégia de cálculo seguida pela empresa. Na Figura 13 pode-se verificar o aspeto do programa desenvolvido, já com os resultados finais relativos ao exemplo considerado. No Anexo III – Interface da Ferramenta Informática (Seleção do Modo de Transporte) enumeram-se com maior detalhe os diferentes campos. Neste mesmo anexo ilustra-se a folha de cálculo auxiliar da ferramenta informática.

AIR vs SEA TOOL (by Supplier)

Return To Menu

Supplier:

Code:

Consignment:

Origin:

Alternative:

Transit Time:

Incoterm:

Forwarder:

Airport of Origin:

Transit Time:

Incoterm:

Type of Container:

Port of Origin:

Check by Supplier

AIR Freight
TOTAL AIR
73,813.74 €

SEA Freight
TOTAL SEA
10,265.04 €

GAP
63,548.70 €

Reset Table

Part Number	Pallet Length (mm)	Pallet Width (mm)	Pallet Height (mm)	Pallet Volume (m3)	Load Gross Weight (Kg)	Pallet Tax Weight (Kg)	MOQ (Pallet)	Parts/Box
1A1	1180	750	880	0.779	260.00	260.00	5000	200
2B2	1180	750	780	0.690	265.00	265.00	9000	300
3C3	1180	750	780	0.690	340.00	340.00	6000	200
4D4	1180	750	780	0.690	340.00	340.00	6000	200
5E5	1180	750	780	0.690	265.00	265.00	9000	300
6F6	1180	750	780	0.690	340.00	340.00	6000	200
7G7	1180	750	780	0.690	295.00	295.00	3000	100

Figura 13 - Aspeto Geral do Programa de Seleção de Modos de Transporte

Neste exemplo, o fornecedor a estudar trata-se de *B_Supplier*, sediado em Singapura e com FOB como *Incoterm*. O transitário aéreo que opera nesta origem é a *Panalpina* e quanto ao transporte marítimo, habitualmente, os seus materiais são enviados em contentores de 40'. A seu cargo este fornecedor possui 11 peças diferentes para o abastecimento das necessidades da Bosch.

Os resultados finais obtidos relativos aos custos anuais foram de aproximadamente 74.000€ para o transporte aéreo e 10.300€ para o transporte marítimo. Portanto, uma diferença de cerca de 63.700€ entre as duas alternativas, o que faz pender a decisão para a via marítima.

A determinação destes custos é mais facilmente explicitada utilizando como exemplo uma das peças a cargo do fornecedor. O cálculo é similar para todas as outras peças.

De todas estas características, têm especial importância as dimensões e peso da paleta completa e a quantidade mínima de encomenda (*MOQ*). Quanto aos dados relativos às caixas, estes servem como recurso para o cálculo comparativo dos fretes especiais e em situações em que o fornecedor que se pretende estudar não faça paletização da sua mercadoria, tal como acontece com a maioria dos fornecedores provenientes de Hong Kong. Na Tabela 4 consta ainda o valor unitário do componente e o consumo médio mensal em unidades e em valor.

Tabela 4 - Características da peça exemplo

Peças por caixa	200 unidades
MOQ	5.000 unidades
Volume Palete	0,78 m³
Peso Bruto Palete	260 Kg
Peso Taxável Palete	260 Kg
Valor Unitário	0,76€
Consumo (Unidades)	15.000 unidades
Consumo €	11.400€

- Custos de Transporte

- Via aérea

Uma paleta que respeite a quantidade mínima de encomenda da peça em análise possui um peso de 260Kg e um volume de 0,78m³. O seu peso taxável é, portanto, de 97,5Kg. Visto que o peso bruto excede o peso taxável, será esse o valor utilizado para o cálculo dos custos do transporte aéreo.

Uma via aérea para envios de Singapura, de entidades com *Incoterm* FOB, tem um preço de 2,85€/Kg. Consequentemente, o preço para transportar uma paleta desta peça é de 741€.

Considerando um consumo médio mensal previsto de 15.000 unidades nas instalações da empresa, sabe-se que por mês são, em média, enviadas 3 paletes com este tipo de componente. Num cenário ideal em que todos os fornecedores respeitassem as quantidades mínimas de encomenda, os consumos seriam múltiplos desse valor mínimo e este número de paletes seria sempre um valor inteiro. Como nem sempre isso acontece devido a pedidos de quantidades específicas pelos clientes e pela necessidade de manter baixos níveis de inventário na Bosch, em muitos casos são recebidas paletes incompletas ou preenchidas com diferentes produtos. Logo, um número não inteiro de paletes possibilita uma aproximação mais real.

Portanto, se o transporte por via aérea de uma paleta tem um preço de 741 € e são transportadas 3 paletes, o custo de transporte médio mensal é de 2.223 €. O mesmo será dizer que a empresa teria para esta peça um custo anual médio de 26.676 €.

Custo Transporte Aéreo: 26.676€

- Via marítima

Para os custos por via marítima não se consideram os pesos das cargas mas sim as taxas de ocupação dos contentores, seja em relação ao volume ou ao número de paletes. Isto faz sentido, pois o custo do frete está diretamente ligado ao preço pago por cada contentor. Segundo dados recolhidos através do departamento de Transportes, em média um contentor de 20' transporta 30 paletes e um contentor de 40' acomoda 60 paletes. Estes valores correspondem a cerca de 80% do espaço total de um contentor (devido às características dos materiais, não é possível empilhar mais que dois níveis de paletes num mesmo contentor). O transporte de um contentor de 40' com material de um fornecedor de *Incoterm* FOB com origem em Singapura tem um preço de cerca de 2.300€. Se a isto se somar o custo fixo de 930€ com o transporte terrestre entre Algeciras e Braga, perfaz um custo total de transporte de 3.230€, correspondendo a 53,90€ por paleta transportada.

Existindo uma média mensal de 3 paletes enviadas, o custo mensal envolvido no transporte deste componente é de 161.7€, traduzindo-se num valor anual de 1.940,40€.

Custo Transporte Marítimo: 1.940,40€

- Custos de Posse

No cálculo dos custos de posse de inventário existem três elementos fundamentais: os consumos médios de matéria-prima, a cobertura média de *stocks* e os tempos de trânsito de cada modo.

A cobertura tem que ver com o tempo médio em que se consegue satisfazer a procura sem fazer novas encomendas, recorrendo apenas ao inventário existente em armazém. Para os fornecedores asiáticos para os quais se utiliza o meio aéreo como transporte preferencial, o tempo de cobertura é em média de 14 dias. Já no que toca aos fornecedores transportados por meio marítimo, esta cobertura ascende a 21 dias. A diferença justifica-se pela grande disparidade de tempos de trânsito existente entre as duas modalidades: por ser um meio mais lento, e logo, com maior tendência para acumulação de inventários e menor flexibilidade, o meio marítimo acarreta um tempo de cobertura superior.

Para o exemplo apresentado, o tempo de trânsito por fazer o transporte por ar é de 8 dias e por navio é de 42 dias, já contabilizando as janelas de descarga habitualmente previstas.

Numa primeira instância, interessa contabilizar o custo das quantidades da peça em questão que se encontram tanto em armazém como em trânsito, através dos dados do consumo médio mensal e da cobertura de inventário média.

○ Via Aérea:

$$\begin{aligned}\text{Custo Inventário em Armazém} &= \text{Cobertura em Dias} \times \frac{\text{Procura Média Mensal €}}{30} = \\ &= 14 \times \frac{11.400\text{€}}{30} = 5.320\text{€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Custo Inventário em Trânsito} &= \text{Tempo de Trânsito} \times \frac{\text{Procura Média Mensal €}}{30} = \\ &= 8 \times \frac{11.400\text{€}}{30} = 3.040\text{€}\end{aligned}$$

○ Via Marítima:

$$\begin{aligned}\text{Custo Inventário em Armazém} &= \text{Cobertura em Dias} \times \frac{\text{Procura Média Mensal €}}{30} = \\ &= 21 \times \frac{11.400\text{€}}{30} = 7.980\text{€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Custo Inventário em Trânsito} &= \text{Tempo de Trânsito} \times \frac{\text{Procura Média Mensal €}}{30} = \\ &= 42 \times \frac{11.400\text{€}}{30} = 15.960\text{€}\end{aligned}$$

Daqui se pode concluir que o tempo que a peça permanece em trânsito influencia significativamente os custos com inventários. Na via marítima, os custos com *stocks* em trânsito são muito superiores aos custos em armazém. Relativamente à via aérea, acontece a situação inversa visto que o tempo de cobertura é maior que o tempo de trânsito.

A partir destes custos calcula-se o custo de manutenção de inventário anual em valor, através da aplicação de uma taxa anual de 9%, definida pela empresa:

○ Via Aérea:

$$\begin{aligned}\text{Custo de Posse} &= (\text{Custo Inventário em Armazém} + \text{Custo Inventário em Trânsito}) \times \text{Taxa de Juro} = \\ &= (5.320\text{€} + 3.040\text{€}) \times 9\% = 752,40\text{€}\end{aligned}$$

○ Via Marítima:

$$\begin{aligned}\text{Custo de Posse} &= (\text{Custo Inventário em Armazém} + \text{Custo Inventário em Trânsito}) \times \text{Taxa de Juro} = \\ &= (7.980\text{€} + 15.960\text{€}) \times 9\% = 2.154,60\text{€}\end{aligned}$$

Para o cálculo dos custos de posse totais, deve ainda adicionar-se o preço a pagar pela ocupação de espaço em armazém. Segundo as informações obtidas na empresa, o custo unitário de armazenagem é de 6€ por mês por cada palete e 2€ por mês por cada caixa.

Através da previsão das unidades consumidas e da quantidade de peças da referência 1A1 em armazém, determinam-se os custos de armazenagem anuais para os dois modos:

○ Via Aérea:

$$\begin{aligned}\text{Unidades Inventário em Armazém} &= \text{Cobertura em dias} \times \frac{\text{Procura Média Mensal}}{30} \\ &= 14 \times \frac{15.000}{30} = 7.000 \text{ unidades}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Custo de armazenagem} &= \frac{\text{Inventário em armazém}}{\text{MOQ}} \times 6\text{€} \times 12 = \\ &= \frac{7.000}{5.000} \times 6\text{€} \times 12 = 100,80\text{€}\end{aligned}$$

Custo Posse Aéreo: 853,20€

○ Via Marítima:

$$\begin{aligned}\text{Unidades Inventário em Armazém} &= \text{Cobertura em Dias} \times \frac{\text{Procura Média Mensal}}{30} \\ &= 21 \times \frac{15.000}{30} = 10.500 \text{ unidades}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Custo de Armazenagem} &= \frac{\text{Inventário em Armazém}}{\text{MOQ}} \times 6\text{€} \times 12 = \\ &= \frac{10.500}{5000} \times 6\text{€} \times 12 = 151,20\text{€}\end{aligned}$$

Custo Posse Marítimo: 2.305,80€

Sinteticamente, a Tabela 5 contém a comparação de custos relativa a este exemplo, dividida em custos de transporte e custos de posse:

Tabela 5 - Comparação de custos de transporte para a peça exemplo

	Aéreo	Marítimo
Custos de Transporte	26.676€	1.940,40€
Custos de Posse	853,20€	2.305,80€
TOTAL	27.529,20€	4.246,20€

Seguindo esta linha de raciocínio para todas as peças do fornecedor, através da ferramenta de cálculo, verificam-se os seguintes custos totais:

Tabela 6 - Comparação de custos de transporte para o fornecedor B_Supplier

	Aéreo	Marítimo
Custos de Transporte	71.582€	4.208,34€
Custos de Posse	2.231€	6.056,70€
TOTAL	73.813,74€	10.265,04€

Como se pode verificar pela Tabela 6, neste caso os custos de posse são relativamente baixos quando comparados com os custos de transporte. Isto acontece devido ao facto de as peças possuírem um baixo valor unitário. Este é o principal fator que permite justificar o custo inferior do meio marítimo. Peças com valor elevado provocariam o aumento dos custos de posse, o que teria uma influência muito maior nos transportes marítimos devido aos superiores tempos de trânsito.

Uma vez que o sistema permite o armazenamento de todos os dados necessários, o processo de cálculo é instantâneo e permite imediata obtenção de resultados. O controlo das quantidades e variedade de peças também se torna mais rigoroso, pois a base de dados criada contabiliza já uma grande percentagem da totalidade dos componentes de todos os fornecedores. Isto faz com que sempre que um fornecedor abasteça uma nova peça, seja apenas necessário introduzir as respetivas dimensões no sistema e atualizar a análise dos custos.


5.2.2 Estimativa de Custos de Transportes Especiais

A base de funcionamento do programa para as estimativas de custos de fretes especiais é similar ao estudo geral do meio de transporte por fornecedor, uma vez que as fontes de informação às quais se recorre são as mesmas e o método de utilização é semelhante.

As principais diferenças residem no facto de neste caso existir a seleção da peça que se pretende estimar e as quantidades pretendidas. O resultado final não compara apenas vias aéreas e marítimas normais, mas também tem em consideração os custos com transporte especial *Flash*, tipicamente mais rápido e com um preço significativamente superior.

De ressaltar que para esta análise, apenas se consideram os custos de frete, sendo irrelevantes os gastos incorridos pela posse de inventários.

Na Figura 14 ilustra-se o aspeto geral do cálculo para uma peça de um dado fornecedor *C_Supplier*. Considere-se que um aumento na procura de um determinado produto por parte do cliente obriga a um acréscimo de 2400 unidades nas necessidades de um componente XYZ do fornecedor referido. Caso não exista inventário em armazém para satisfazer esse requisito, LOG3 calcula os custos necessários para se realizar o transporte especial. No Anexo IV – Interface da Ferramenta Informática (Custos de Fretes Especiais) está patente a legenda dos campos desta parte do programa.

AIR vs SEA TOOL (by Part)
 **BOSCH**

Supplier: C_Supplier

Code: 54321

Consignment: NO

Origin: Malaysia

Alternative:

Part Number: XYZ

Quantity per Part: 2400

Estimated Weight (Normal): 942.94 KGS

Estimated Weight (Flash): 1,257.25 KGS

Cartons per Shipment: 150

Pallets per Shipment: 10

AIR Freight

Transit Time: 8

Incoterm: FOB

Forwarder: Panalpina

Airport of Origin: Penang

SEA Freight

Transit Time: 30

Incoterm: FOB

Type of Container: 40'

Port of Origin: Penang

Check by Part

Reset Table

	Length	Width	Height	Volume	Weight	Normal Tax Weight	Flash Tax Weight
Pallet							
Complete	1175	750	894	0.79	46.68	98.48	131.31
Incomplete	1175	750	514	0.45	26.88	56.62	75.49
Carton							
	550	350	190	0.04	1.98	4.57	6.10

Parts/Box
16

Boxes/Pallet
16

Levels/Pallet
4

MOQ
256

TOTAL			
SEA	AIR (Normal)	AIR (Flash)	
527.77 €	2,913.68 €	7,198.42 €	
GAP (Normal-Sea)	GAP (Flash-Sea)	GAP (Flash-Normal)	
2,385.90 €	6,670.65 €	4,284.75 €	

Figura 14 - Aspeto Geral do Programa de Cálculo de Custos de Fretes Especiais

Portanto, o utilizador seleciona o fornecedor, a peça e as quantidades a transportar. Os pesos estimados e o número de paletes necessárias são gerados automaticamente através dos dados importados do ficheiro com as informações sobre as dimensões e pesos das peças. Os custos de transporte associados são calculados diretamente a partir das tarifas de frete fornecidas pelos transitários. De modo a reduzir a margem de erro dos resultados obtidos, acautelaram-se possíveis situações em que não sejam enviadas paletes completas.

Assim, o frete das 2400 unidades da peça XYZ teria um custo de cerca de 530€ por via marítima, 2.910€ por via aérea normal e 7.200€ através do serviço *Flash*. O passo seguinte será informar o Planeamento da Produção acerca destes valores, para posterior débito ao cliente.

Tendo em conta que até aqui não existia nenhum recurso que capacitasse este cálculo, as estimativas habitualmente realizadas tinham pouco rigor e não raras vezes eram bastante desfasadas da realidade. Esta vertente da ferramenta vem, acima de tudo, colmatar uma lacuna na comunicação entre departamentos da empresa e principalmente entre empresa e cliente.

5.3 Análise e Discussão dos Resultados Obtidos

5.3.1 Seleção do Modo de Transporte (Via Aérea ou Via Marítima)

Os principais benefícios decorrentes da utilização do recurso informático criado passam pela capacidade de identificar com maior rigor e brevidade casos em que seja necessária a mudança de modalidade de transporte, permitindo uma resposta muito mais rápida às variações dos custos. No fundo permite aglutinar, com resultados imediatos, duas fases de análise: a deteção de aumentos nos custos do modo de transporte utilizado e o estudo de avaliação do meio mais económico.

Antes da criação deste recurso, só se concluía que era necessário um estudo mais aprofundado depois de se verificar, muitas vezes tardiamente, que estavam a ser pagos valores muito elevados no transporte do fornecedor em questão. Tal como foi explicitado no capítulo anterior, este estudo era demorado e obrigava ao envolvimento de diversos departamentos. A aplicação informática proposta permite também poupanças de custos significativas.

Situação Potencial vs Situação Real

Dado que a sua implementação é ainda recente, para a estimativa da redução de custos que advém da sua utilização recorreu-se, como termo comparativo, a um dos recentes casos de alteração de modo de transporte ocorrido na Bosch. Na secção 4.2.1 descreveu-se como decorreu o processo de mudança

ocorrido com um determinado fornecedor *A_Supplier*. Recorre-se agora ao mesmo exemplo de forma a demonstrar o que se poderia ter poupado se já existisse um método capaz de avaliar automaticamente os custos com transportes.

De acordo com o LOG4, os primeiros sinais de que os custos dos envios por via aérea estavam a ser cada vez mais altos foram identificados em meados de Julho de 2012. Foi nesta altura que se decidiu por uma análise mais pormenorizada dos custos de transporte deste fornecedor. A Figura 15 esquematiza a evolução temporal de todo o processo de alteração do modo:

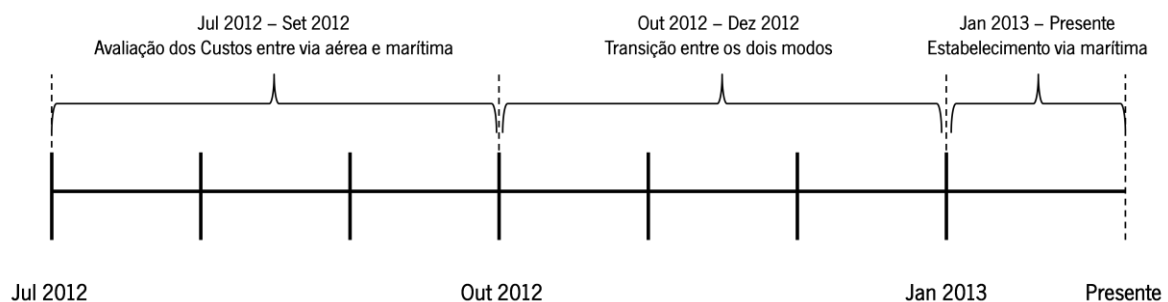


Figura 15 - Desenvolvimento Cronológico da Situação Real

Como se pode verificar, desde que se iniciou o estudo de avaliação até ao início do processo de mudança passaram-se cerca de 3 meses. Durante este intervalo de tempo não existiu qualquer interferência na modalidade de transporte utilizada. Entre Outubro e Dezembro ocorreu a fase de transição entre modos e desde que se recebeu em Braga a primeira mercadoria transportada por via marítima, cessaram os envios aéreos.

Uma vez que a ferramenta de análise permite uma determinação de resultados muito mais rápida, o tempo de estudo compreendido entre Julho e Setembro de 2012 poderia ter sido significativamente reduzido. O esquema da Figura 16 mostra uma comparação aproximada da poupança temporal que teria ocorrido se a aplicação informática já estivesse criada na altura:

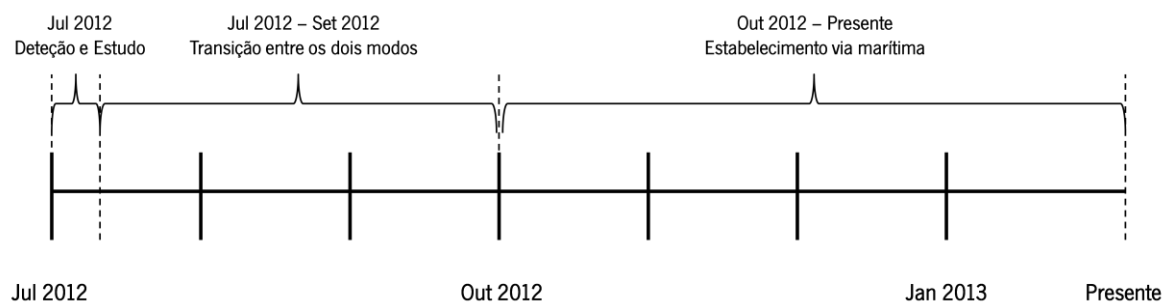


Figura 16 - Desenvolvimento Cronológico da Situação Potencial

Pelo facto de permitir um estreito controlo de custos, seria perfeitamente possível que a identificação do aumento dos custos com envios aéreos tivesse acontecido mais cedo. Como é difícil determinar este cenário de forma precisa, assume-se que a necessidade de avaliar os custos de transporte surgiria também no início de Julho. A brevidade da obtenção de resultados possibilitaria o início imediato da alteração do tipo de transporte.

Tendo em conta que o período de transição neste caso seria entre Julho e Setembro, a partir desta data ficaria totalmente estabelecido o transporte por mar. Como os custos com os envios têm uma tendência constante ao longo do ano devido às entregas serem cíclicas, pode-se assumir que a fase de transição entre modos implicaria custos similares em qualquer altura do ano. Assim, interessa sobretudo determinar quanto se gastou em transportes aéreos durante o tempo em que a avaliação foi conduzida na realidade e comparar esse valor com o que se gastaria na situação hipotética de implementar totalmente o transporte marítimo a partir do mês de Outubro.

Na Figura 17 são visíveis os custos de transporte totais (custos de frete + custos de posse) ao longo do ano de 2012 para a situação real. Apesar de algumas flutuações, pode-se verificar que estes são tendencialmente constantes.

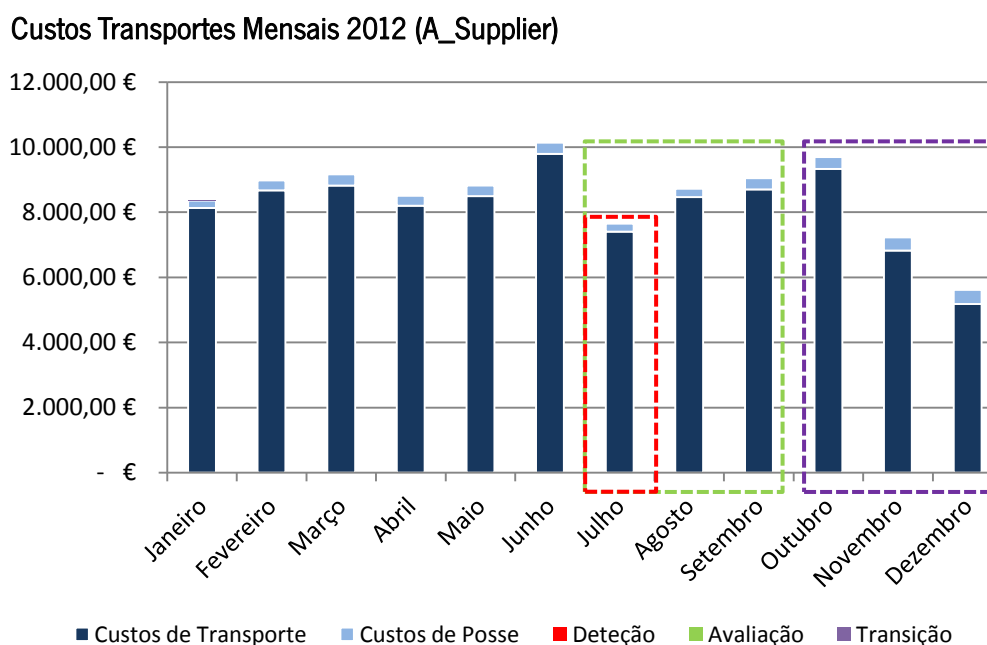


Figura 17 - Custos Mensais Reais 2012 (A_Supplier)

No Anexo V – Custos Mensais 2012 (A_Supplier) podem ser consultados os custos mensais e respetivo número de volumes (paletes) enviados.

Até Outubro os envios foram totalmente realizados por avião. Neste mês ocorreu um ligeiro aumento no abastecimento de bens com o objetivo de garantir inventários nos meses seguintes, nos quais se iniciaram os envios por via marítima. Esta situação justifica a diminuição assinalável nos custos em Novembro e, principalmente, em Dezembro. Na fase de transição, simultaneamente à redução das vias aéreas ocorreu o aumento nas vias marítimas e os custos de transportes totais diminuíram progressivamente.

Para a determinação dos custos da situação potencial de utilização da ferramenta de cálculo, convertem-se os custos da fase de transição avião/navio (Outubro a Dezembro) em custos unicamente para envios marítimos (Tabela 7). Tendo em conta que é muito difícil estimar a quantidade de volumes que seriam enviados nesse cenário, um valor aceitável diz respeito à média anual relativa à situação real. Assim, para cada um dos meses considerados assume-se um envio médio de 30 volumes.

Tabela 7 - Estimativa de Custos de Transporte Marítimo para a Situação Potencial

Mês	Custo de Transporte	Custo de Posse	Custo Total
Outubro	2.565€	675€	3.240€
Novembro	2.565€	645€	3.210€
Dezembro	2.565€	620€	3.185€

Através das tarifas de frete da origem do fornecedor em questão, estimaram-se os custos mensais para transportar a quantidade de volumes referida. Os custos de posse foram determinados pela consulta dos ficheiros com o histórico dos consumos médios mensais previstos para aquela data.

Os gastos mensais referentes à situação potencial pelo recurso à ferramenta de cálculo ilustram-se na Figura 18.

Poupanças pela utilização da aplicação informática

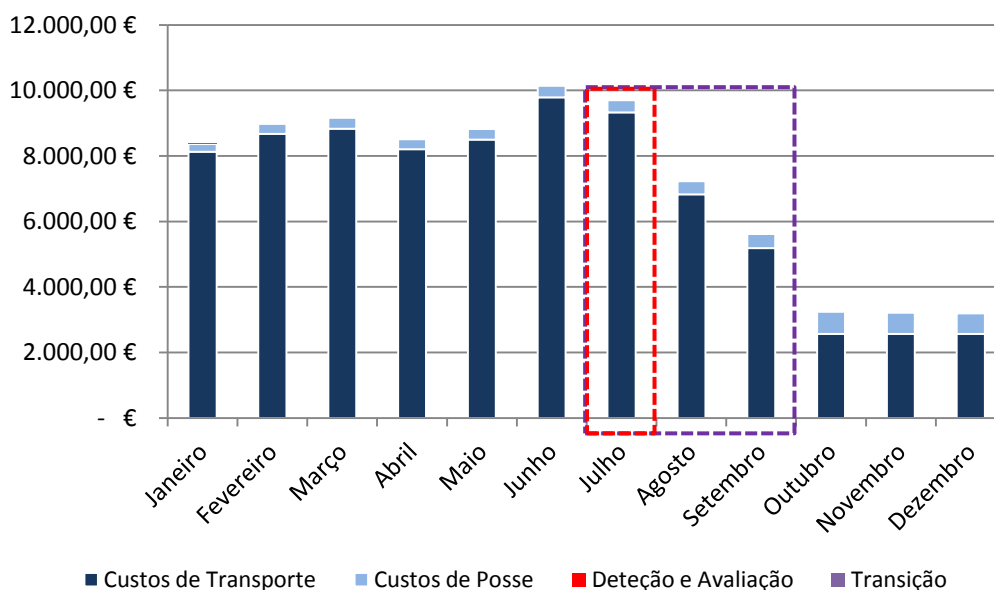


Figura 18 - Custos Mensais Potenciais (A_Supplier)

Verifica-se uma redução mais acentuada nos custos totais, devido a um processo mais rápido de mudança de serviço de transporte. A partir de Outubro a via marítima estaria totalmente implementada e a poupança económica daí decorrente é notória. Pela assunção de que a fase de transição entre modos implicaria gastos semelhantes em qualquer altura do ano, os custos no mês de Julho seriam superiores aos da situação real, mas esta consequência seria minorada pela poupança atingida nos meses seguintes.

Uma comparação direta entre os dois cenários permite concluir que se conseguiria obter uma redução de cerca de 15% nos custos totais anuais para este fornecedor. Este valor flutuaria de acordo com o seu volume de abastecimento e o tipo de peças. Por se tratar de um fornecedor responsável por peças relativamente leves, esta estimativa apresenta uma margem de erro por defeito. Importa referir que esta diferença é relativa a uma situação potencial posterior à identificação de aumentos exagerados nos custos. Com um método de avaliação automatizado, a probabilidade deste descontrolo nos custos seria mais reduzida, o que permite admitir que os benefícios da solução criada sejam ainda mais significativos.

Neste caso em concreto, os custos de posse de inventários têm um impacto residual, não influenciando sobremaneira os custos de transporte globais. Isto deve-se ao facto de se tratarem também de componentes de baixo valor unitário. Apesar disto, através da Figura 19 pode-se observar que a alteração para transporte marítimo aumenta claramente este tipo de custos.

Comparação Custos de Posse

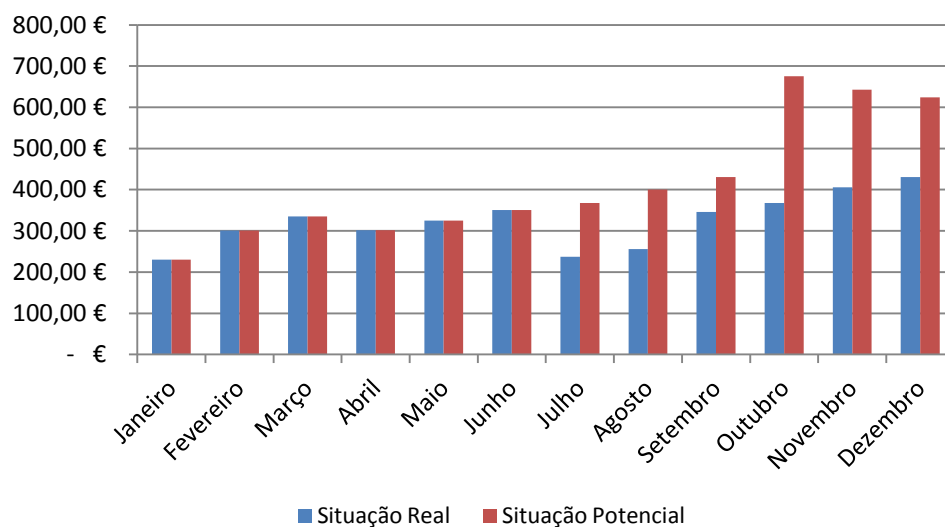


Figura 19 - Comparação de Custos de Posse entre Situação Real e Situação Potencial

A partir do momento em que os primeiros envios marítimos começaram a ser feitos, os custos com inventários aumentaram exponencialmente e acentuam-se quando a via marítima passa a ser o único serviço de transporte utilizado, tal como está ilustrado nos últimos 3 meses da situação potencial.

Novos casos de fornecedores mal avaliados

Apesar da implementação deste recurso ser ainda recente, do conjunto de fornecedores que têm já sido analisados, foi possível detetar dois potenciais novos casos em que o modo de transporte utilizado não é aquele que permite obter menores custos. Em ambos, atualmente a importação é feita por via aérea e a Tabela 8 mostra as respetivas comparações de custos anuais aproximados, obtidos através da ferramenta de cálculo.

Um destes casos diz respeito a um fornecedor (*D_Supplier*) de componentes plásticos, originário da Malásia e o *incoterm* que regula o processo é FCA. O outro (*E_Supplier*) tem como origem Singapura, *incoterm* FCA, e produz peças de categoria eletromecânica. O primeiro tem um volume de abastecimento muito superior. Os resultados obtidos revelaram diferenças de custos significativas entre os dois tipos de transporte.

Tabela 8 - Novos fornecedores mal avaliados

Modo de transporte	Custos Anuais	<i>D_Supplier</i>	<i>E_Supplier</i>
Via Aérea	Custos de Transporte	26.400€	6.000€
	Custos de Posse	5.200€	10.800€
	TOTAIS	31.600€	16.800€
Via Marítima	Custos de Transporte	7.000€	650€
	Custos de Posse	700€	1.150€
	TOTAIS	7.700€	1.800€

Obtidos estes resultados, o passo seguinte envolve o início das conversações com os fornecedores para se iniciar o processo de transição entre envios aéreos e envios marítimos. Isto permitirá em média uma poupança anual de 20.700€ nos custos totais. Estes não fazem parte do grupo com maior peso nos custos de importação da Bosch, mas não deixa de ser uma redução importante.

Tal como estes dois casos, é muito provável que possam existir outros que serão analisados à medida que a base de dados com informações sobre as suas peças seja completada.

Com o auxílio deste método, as decisões estratégicas sobre seleções de modos adquirem uma base de sustentação mais sólida, o que representa uma melhoria na gestão de transportes da Bosch. Como cada fornecedor é um caso particular, é complexo determinar quais os ganhos globais que o recurso criado irá proporcionar.

Porém, os exemplos referidos são sintomáticos dos benefícios obtidos pela utilização de um método automatizado de cálculo e, por consequência, de uma gestão de custos mais rigorosa. É fundamental o acompanhamento contínuo de todas as variáveis com interferência na seleção do modo mais adequado, sob pena de as decisões estratégicas não serem as mais corretas.

5.3.2 Estimativa de Custos de Transportes Especiais

No que concerne às estimativas de custos para envios especiais, o recurso informático foi já testado em várias situações reais, resultando numa margem de erro média de cerca de 10% em relação aos custos totais. Este facto representa um grande acréscimo na precisão das estimativas efetuadas para as simulações de aumentos nos pedidos dos clientes, cada vez mais solicitadas, em virtude da atual situação económica e da volatilidade dos mercados na indústria automóvel.

A margem de erro ainda existente é resultado da variabilidade a que a mercadoria enviada pode ser sujeita. Como neste tipo de envios especiais serão sempre encomendadas quantidades específicas de material, é normal que as quantidades mínimas de encomenda padrão definidas pela Bosch com os fornecedores não sejam respeitadas. Dado que os pesos, dimensões e quantidades das peças que se encontram compilados no sistema da ferramenta de cálculo representam valores padrão fixos, qualquer alteração ao modo de embalagem habitual por parte do fornecedor poderá provocar variações nos custos de frete. Como exemplo, se a quantidade padrão por palete (MOQ) de uma dada peça é de 200 unidades e o envio pretendido é de 100 unidades, é necessário saber de antemão de que forma este será efetuado: se através de uma paleta incompleta ou por meio de caixas independentes, sem recurso a palatização.

Este será o principal fator de erro que poderá ocorrer. Tendo em conta que a informação utilizada para estes cálculos é extraída diretamente dos contratos com os transitários e assumindo que todos os dados disponibilizados pelos fornecedores relativos às suas peças são fidedignos, é pouco crível que os resultados obtidos sofram um grande desvio em relação aos custos reais.

6. MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA SELEÇÃO DE MODO E ESCALONAMENTO DE TRANSPORTES

Neste capítulo é proposta uma abordagem alternativa para o problema abordado nesta dissertação, com auxílio da modelação matemática, mais concretamente da programação inteira mista.

Apresenta-se assim um modelo para coordenação do escalonamento de transportes, com o objetivo de determinar o tipo de transporte mais adequado a utilizar por cada fornecedor e as respetivas quantidades a movimentar por período de tempo, de forma a satisfazer uma procura previamente definida.

6.1 Descrição do Problema

O modelo geral proposto tem como objetivo a minimização dos custos totais de transporte de bens para abastecer uma unidade industrial a partir de uma origem situada a longa distância. Estes componentes serão posteriormente transformados em produto acabado nas suas instalações.

Para a abastecer existe um conjunto de produtos disponíveis, cada um deles relativo a um determinado fornecedor. Esses produtos têm uma determinada procura para períodos de tempo específicos ao longo de um horizonte temporal definido. Apesar disto, existe uma tolerância de um período de tempo (quer de atraso ou de antecipação) sem que os fornecedores sejam penalizados. Esta tolerância está em vigor na empresa onde se desenrolou este projeto e é introduzida no modelo, de forma a aproximá-lo do caso real.

O processo de transporte dos produtos possui três alternativas possíveis: dois modos aéreos e um modo marítimo. Cada uma destas alternativas apresenta diferentes custos fixos e variáveis. Os custos fixos têm que ver com taxas alfandegárias imputadas para cada envio. Quanto aos custos variáveis, são determinados de maneira diferente dependendo se o envio é efetuado através de um modo aéreo ou de um modo marítimo.

Se for utilizada uma via aérea o custo varia de acordo com o peso da mercadoria transportada. No caso da via marítima não é o peso que influencia os custos, mas sim o número de contentores usados para o envio. Visto que cada contentor é pago independentemente de estar cheio ou vazio, interessa que a sua ocupação seja a maior possível, isto é, deverá transportar o maior número de paletes possíveis. Cada paleta pode ser preenchida por um único produto ou por um conjunto de vários produtos. Existem vários tipos de contentores caracterizados pela sua capacidade.

Para além dos fatores de custo, cada modalidade de transporte tem também um respetivo tempo de trânsito. Dado que este modelo foca o transporte de cargas entre pontos geograficamente afastados, os tempos de trânsito entre o expedidor e o importador assumem assinalável importância, pela quantidade de bens que se encontram em trânsito ao longo do horizonte temporal e que originam custos relacionados com a posse de inventários. Estes são determinados pela conjugação dessas quantidades, do valor unitário dos produtos em tráfego e da taxa de juro que representa o custo de posse.

Também se tem em conta a capacidade máxima de carga dos modos e os períodos de tempo em que é possível realizar envios por cada um deles.

O custo total que se pretende minimizar é composto pelos custos de transporte (fixos e variáveis) de cada modo e pelo custo de posse de inventários, que engloba o valor unitário de cada produto e uma taxa de juro fixa. De maneira a atingir esta otimização, o modelo proposto faz o escalonamento dos envios garantindo a satisfação das procuras e determina a seleção do melhor modo de transporte para cada um dos fornecedores considerados.

6.2 Modelo de Programação Inteira Mista

De forma a clarificar a construção do modelo de programação inteira mista, apresentam-se de seguida o conjunto de índices e parâmetros que o compõem:

Índices e Conjuntos:

i índice para os dias de envio da mercadoria

j índice para os modos de transporte aéreo utilizados

k índice para os produtos a enviar

s índice para os dias de requisição das encomendas

p índice para os tipos de contentor marítimo utilizado

$f(k)$ conjunto dos fornecedores do tipo k

Parâmetros:

Os diferentes parâmetros dividem-se em categorias de tempo, quantidade e custo:

- Parâmetros de tempo:

ta_j tempo de trânsito do modo aéreo j

tm tempo de trânsito do modo marítimo

a_{ij} $\begin{cases} 1, \text{ se for possível fazer envios no dia } i \text{ pelo modo aéreo } j \\ 0, \text{ no caso contrário} \end{cases}$

b_i $\begin{cases} 1, \text{ se for possível fazer envios no dia } i \text{ pelo modo marítimo} \\ 0, \text{ no caso contrário} \end{cases}$

- Parâmetros de quantidade:

d_s^k procura no dia s do produto k

$CAPA_j$ capacidade de carga do modo aéreo j

$CAPM_p$ capacidade de carga por via marítima, num contentor do tipo p

PP_k peso de uma paleta de produto k

VC_k volume de uma caixa do produto k

QC_k quantidade de peças contidas numa caixa completa do produto k

VP volume padrão de uma paleta completa

MOQ_k quantidade de peças contidas numa paleta completa do produto k

VQQ volume de uma palete padrão completa

○ Parâmetros de custo:

TXA_j taxas alfandegárias por transporte aéreo, pelo modo j

TXM taxas alfandegárias por transporte marítimo

CT_j tarifa de transporte do modo aéreo j

CC_p custo de um contentor do tipo p

VU_k valor unitário do produto k

I percentagem do custo de manutenção de inventários

Variáveis de decisão:

As variáveis de decisão do modelo explicitam-se de seguida:

X_{ij}^{ks} quantidade enviada no dia i para satisfazer a procura do dia s no produto k , pelo transitário aéreo j .

W_{ij} peso da mercadoria enviada pelo transitário aéreo j , no dia i .

U_i^{ks} quantidade enviada no dia i para satisfazer a procura do dia s do produto k , por via marítima.

NP_i número de paletes enviadas no dia i .

NC_{ip} número de contentores do tipo p utilizados no envio do dia i .

AIRT inventário em trânsito por via aérea

SEAT inventário em trânsito por via marítima

$$Y_{ij} \begin{cases} 1, \text{ se houver envio no dia } i \text{ pelo transportador aéreo } j \\ 0, \text{ no caso contrário} \end{cases}$$

$$V_i \begin{cases} 1, \text{ se houver envio no dia } i \text{ pelo transportador marítimo} \\ 0, \text{ no caso contrário} \end{cases}$$

$$Z_f \begin{cases} 1, \text{ se modo marítimo é escolhido para o fornecedor } f \\ 0, \text{ se modo aéreo é escolhido para o fornecedor } f \end{cases}$$

Modelo Geral de Programação Inteira:

De seguida apresenta-se o modelo geral, através da sua função objetivo e respetivas restrições:

$$\begin{aligned} \text{Minimizar } & \sum_i \sum_j TXA_j \cdot Y_{ij} + \sum_i \sum_j W_{ij} \cdot CT_j + \sum_i TXM \cdot V_i \\ & + \sum_p \sum_i CC_p \cdot NC_{ip} + AIRT \cdot I + SEAT \cdot I + (0,1 \cdot \sum_i NP_i) \end{aligned} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_j \sum_{i=s-ta_j-1}^{s-ta_j+1} X_{ij}^{ks} + \sum_{i=s-tm-1}^{s-tm+1} U_i^{ks} = d_s^k \quad \forall s, k \quad (2)$$

$$W_{ij} \leq CAPA_j \cdot a_{ij} \cdot Y_{ij} \quad \forall i, j \quad (3)$$

$$\sum_k \sum_{s=i-tm-1}^{i-tm+1} \frac{VC_k}{QC_k} \cdot U_i^{ks} \leq NP_i \cdot VQQ \quad \forall i \quad (4)$$

$$NP_i \leq \sum_p CAPM_p \cdot NC_{ip} \cdot b_i \quad \forall i \quad (5)$$

$$W_{ij} = \sum_i \sum_s \sum_k \frac{X_{ij}^{ks} \cdot PP_k}{MOQ_k} \quad \forall j \quad (6)$$

$$\sum_p NC_{ip} \leq M \cdot V_i \quad \forall i \quad (7)$$

$$AIRT = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_s X_{ij}^{ks} \cdot ta_j \cdot VU_k \quad (8)$$

$$SEAT = \sum_i \sum_k \sum_s U_i^{ks} \cdot tm \cdot VU_k \quad (9)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_s X_{ij}^{ks} \leq M \cdot (1 - Z_k) \quad \forall k \quad (10)$$

$$\sum_i \sum_s U_i^{ks} \leq M \cdot Z_k \quad \forall k \quad (11)$$

$$Z_f = Z_k \quad \forall f \in F, k \in f(k) \quad (12)$$

$$NC_{ip} \geq 0 \text{ e inteiro} \quad (13)$$

$$NP_i \geq 0 \text{ e inteiro} \quad (14)$$

$$X_{ij}^{ks}, U_i^{ks} \geq 0 \quad \forall i, j, k, s \quad (15)$$

$$W_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \quad (16)$$

$$AIRT, SEAT \geq 0 \quad (17)$$

$$Y_{ij}, V_i, Z \in \{0,1\} \quad \forall i, j, k, s \quad (18)$$

O objetivo do modelo proposto é a minimização do custo fixo alfandegário por envio por via aérea, o custo de transporte aéreo, o custo fixo alfandegário por envio por via marítima, o custo de transporte marítimo, bem como os custos de inventário em trânsito pelos dois meios. Assim, a função objetivo (1) corresponde a parcelas associadas a cada um desses custos. Inclui ainda uma parcela que força a que o número de paletes corresponda sempre ao número real.

A restrição (2) obriga a que as quantidades de cada produto enviadas pelo conjunto dos modos para satisfazer a procura de um determinado dia, seja igual a essa procura. Consideram-se apenas os envios que cheguem com a tolerância de um período (anterior ou posterior) e tem-se em conta os tempos de trânsito. Garante-se desta forma a satisfação das necessidades e evita-se o abastecimento de quantidades em excesso.

A quantidade a transportar por envio não poderá ultrapassar a capacidade de carga do modo pelo qual esse transporte é realizado. Este requisito é verificado pelas restrições (3) e (5), para as alternativas aéreas e marítimas, respetivamente.

Uma vez que o transporte por via marítima recorre, por norma, à acomodação da mercadoria em paletes, é necessário determinar quantas paletes são necessárias para o transporte das quantidades requeridas num determinado dia (restrição (4)), e consequentemente, o número de contentores a utilizar (restrição (5)).

No que concerne ao meio aéreo, os custos de transporte são calculados dependendo do peso da carga. Logo, é fundamental identificar qual o peso correspondente às quantidades de peças a movimentar, sabendo de antemão qual o peso e a quantidade incluída numa paleta completa.

A restrição (6) tem em consideração esta conversão.

A restrição (7) garante que caso seja utilizado algum contentor no dia i , então tem de haver envio nesse dia.

Para além dos custos com transportes, também devem ser contabilizados os custos incorridos com inventários que se encontram em trânsito. Estes custos são determinados pelas restrições (8) e (9), para via aérea e via marítima, respetivamente. Na função objetivo são combinados com a taxa de juro anual.

Uma vez que o objetivo final é decidir qual das duas alternativas de transporte para cada fornecedor é aquela que permite minimizar os custos totais, as restrições (10) e (11) garantem que uma e só uma alternativa é escolhida para cada um deles.

Define-se o conjunto dos produtos de cada fornecedor através da restrição (12). O conjunto $f(k)$ é formado pelos produtos do fornecedor k . diz respeito aos produtos do fornecedor k .

As restrições (13) a (18) definem o domínio das variáveis de decisão.

6.3 Exemplo de Aplicação

Com o intuito de explicar simplificadaamente o funcionamento do modelo geral, apresenta-se um exemplo condensado para um período de estudo reduzido. De notar que os dados utilizados não possuem nenhuma base real.

Considere-se uma origem com 3 fornecedores ($A_Supplier$, $B_Supplier$ e $C_Supplier$) que no seu conjunto fornecem à empresa importadora 5 componentes (A, B, C, D e E). A Tabela 9 organiza as suas características, utilizando a notação que foi referida na subsecção 6.2:

Tabela 9 – Características das Peças

F	K	MOQ_k	PP_k	QC_k	VC_k	VU_k	VOQ
$A_Supplier$	A	280	126,5 Kg	5	0,012 m^3	1,39 U.M.	0,969 m^3
$A_Supplier$	B	730	161 Kg	15	0,012 m^3	1,28 U.M.	
$B_Supplier$	C	480	104 Kg	15	0,025 m^3	0,50 U.M.	
$B_Supplier$	D	880	104 Kg	55	0,014 m^3	2,83 U.M.	
$C_Supplier$	E	1600	330 Kg	50	0,017 m^3	0,21 U.M.	

As procuras (d_s^k) para um período de análise de 12 unidades de tempo podem ser consultadas na Tabela 10. A taxa de custo de posse de inventário em trânsito é de 0,025% por período.

Tabela 10 - Distribuição da Procura por Períodos

d_s^k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	1500	0	0
B	0	0	0	0	2190	0	0	0	0	0	2400	0
C	0	0	0	0	0	1500	0	0	0	1200	0	0

D	0	0	0	0	1760	0	0	0	0	1760	0	0
E	0	0	0	4800	0	0	0	0	0	6000	0	0

Para realizar o transporte destes componentes existem três modos passíveis de serem utilizados, dois aéreos (*Air1* e *Air2*) e um marítimo (*Sea*). As suas características e custos de processo são os seguintes:

Tabela 11 - Características e Custos dos Modos de Transporte Aéreo

j	TXA_j	CT_j	$CAPA_j$	ta_j
<i>Air1</i>	35 U.M.	3,3 U.M./Kg	900 Kg	1 Período
<i>Air2</i>	35 U.M.	3 U.M./Kg	1000 Kg	2 Períodos

Tabela 12 - Características e Custos do Modo de Transporte Marítimo

p	TXM	CC_p	CAPM	tm
20'	75 U.M.	2500 U.M.	4 Paletes	4 Períodos
40'		4000 U.M.	8 Paletes	

Como se verifica, os custos de transporte para a via aérea dependem do peso da carga, enquanto que para a via marítima variam de acordo com o número de contentores utilizados.

Para além disto, cada uma das alternativas possui dias fixos de operação, isto é, dias em que é possível realizar envios através de determinado transitário:

Tabela 13 - Dias Fixos de Operação dos Modos de Transporte Aéreo

a_{ij}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Air1</i>	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
<i>Air2</i>	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não

Tabela 14 - Dias Fixos de Operação do Modo de Transporte Marítimo

b_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Sea</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Considerando estas restrições, através da implementação do modelo em OPL *Studio* (Anexo VI – Programação OPL Studio) obteve-se uma solução ótima que ditou o transporte dos bens dos fornecedores *A_Supplier* e *C_Supplier* por via marítima e do fornecedor *B_Supplier* por via aérea. Tendo em conta que a procura é cíclica, a solução obtida determinou dois envios marítimos (períodos 1 e 7) e dois envios aéreos (períodos 4 e 8) para o período da análise.

Na Figura 20 esquematiza-se o escalonamento das quantidades enviadas por produto, para os fornecedores transportados pelo transporte marítimo.

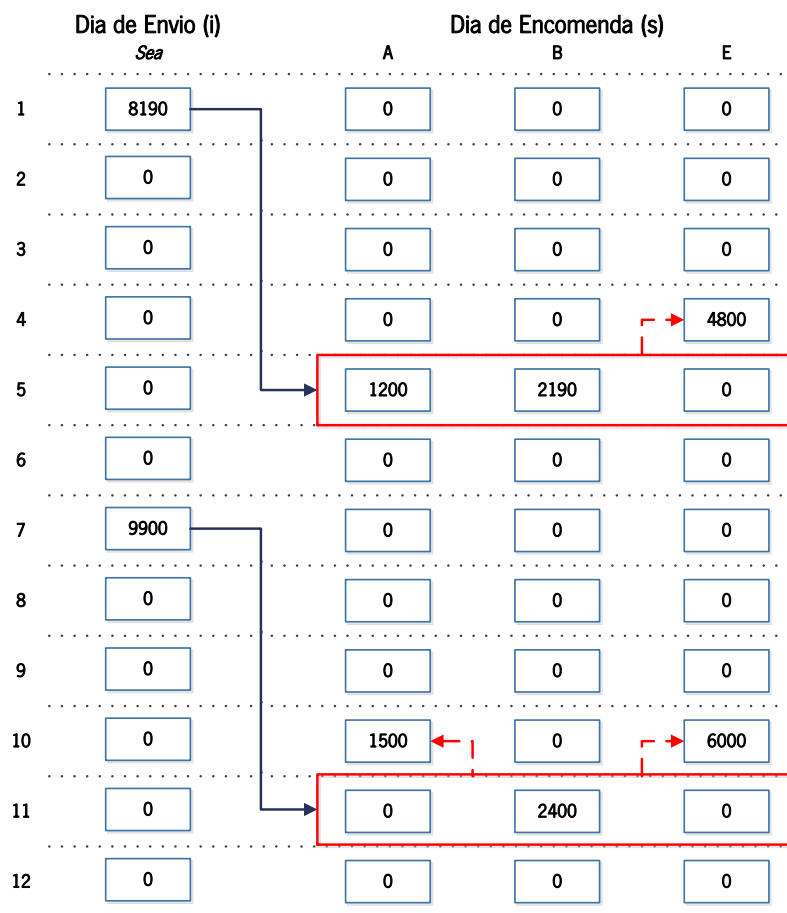


Figura 20 - Solução ótima para os envios por via marítima

A solução obtida passa pelo envio de 8190 unidades (1200 de A, 2190 de B e 4800 de E) no período 1, as quais chegarão no período 5, devido ao modo de transporte ter um tempo de trânsito de 4 unidades de tempo. Este envio permite o cumprimento do prazo de entrega para as procuras dos três componentes: A e B chegam na data de encomenda e E chega uma unidade de tempo depois desta data. Adicionalmente, será feito outro envio no período 7, de 9900 unidades (1500 de A, 2400 de B e 6000 de E), que chegará no período 11 e também cumprirá o prazo de entrega. Neste caso, abastece-

se a unidade importadora com o componente B na data de encomenda, enquanto que A e E serão recebidos um período depois desta data.

Estes atrasos estão dentro dos limites de tolerância estipulados pela empresa importadora.

Por outro lado, para o transporte destes bens serão utilizados dois contentores de 40', sendo que o primeiro (período 1) transporta 7 paletes e o segundo (período 7) é ocupado com o limite máximo de 8 paletes.

Quanto ao fornecedor *B_Supplier* transportado por via aérea, a Figura 21 ilustra a distribuição das quantidades enviadas ao longo dos 12 períodos de tempo do exemplo considerado.

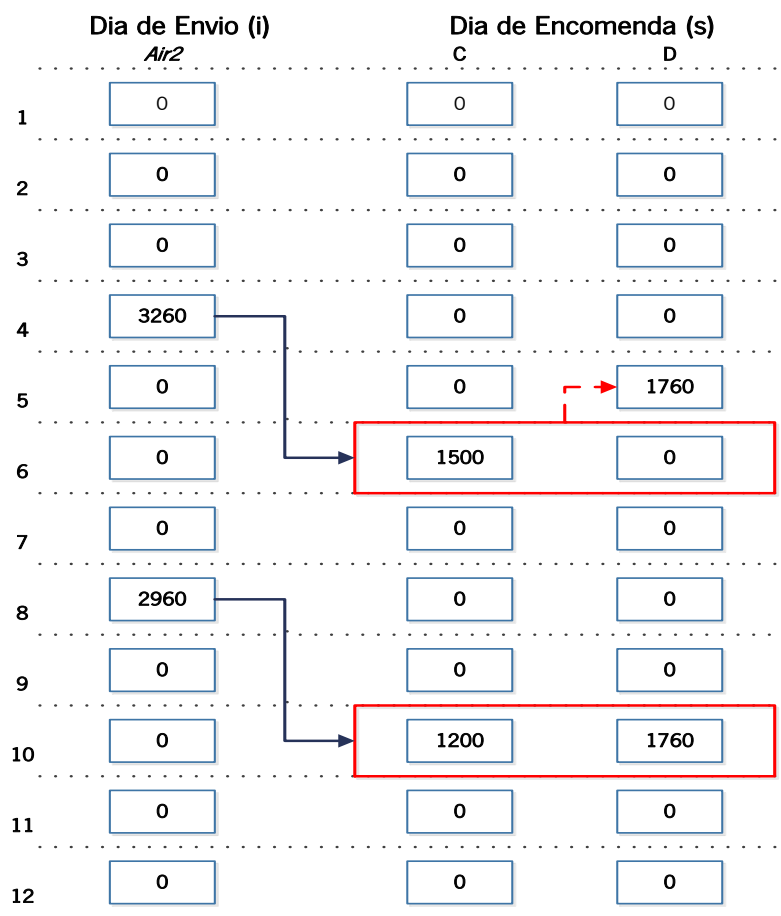


Figura 21 - Solução ótima para os envios por via aérea

O primeiro envio é realizado no período 4 contabilizando 3260 unidades (1500 de C e 1760 de D). Estas chegam ao destino no período 6, abastecendo a peça C no dia de encomenda e a peça D um dia depois.

Quanto ao segundo transporte, este é feito no período 8 e, tendo em conta um tempo de trânsito de 2 unidades de tempo, chegará ao local de destino no período 10. Tanto a peça C como a peça D deviam ser recebidas neste período, cumprindo-se mais uma vez a data de entrega.

O valor global dos custos atingidos por esta solução é apresentado na Tabela 15. Para o exemplo descrito, este é o resultado que mais minimiza os custos, otimizando o escalonamento dos modos de transporte por fornecedor e por envio.

Tabela 15 - Solução Ótima Obtida

	<i>Air1</i> (B_Supplier)	<i>Sea</i> (A_Supplier/C_Supplier)
Custos de Despacho de Importação	70 U.M.	150 U.M.
Custos de Transporte	3003 U.M.	8000 U.M.
Custos com Inventários em Trânsito	35,02 U.M.	85,65 U.M.
TOTAL	3108.02 U.M.	8235,65 U.M.

Esta análise do problema como um todo possibilita a otimização de todo o sistema. Para este exemplo, tendo em conta as procuras verificadas e as características dos modos de transporte, determinou-se que a solução mais vantajosa seria o transporte por meio aéreo de um dos fornecedores e por meio marítimo dos restantes. Em problemas de carácter real e, logo, de dimensões bem superiores, as poupanças nos custos podem ser significativas, tendo um grande peso nos custos logísticos totais.

7. CONCLUSÕES

A motivação desta dissertação foi apoiar decisões relativas à seleção de modos de transporte para um conjunto de fornecedores oriundos de uma região longínqua.

Esta necessidade surgiu pela dificuldade por parte da empresa onde se desenrolou este projeto em avaliar e selecionar corretamente a forma como realizar o transporte de importação dos componentes desses fornecedores. Esta dificuldade originou desvios nos custos de transporte globais provocados em boa medida pela existência de diversos casos mal avaliados, alguns dos quais foram tratados ainda antes do início do projeto. Porém, a complexidade envolvida com estudos “manuais” traduziu-se em processos morosos e exaustivos. Para além disto, a inexistência de um acompanhamento contínuo de cada fornecedor relativamente aos seus custos de transporte não permitia ter um controlo próximo e uma capacidade de resposta expedita às possíveis variações que pudessem ocorrer.

Assim, depois de uma análise inicial ao processo de importação de matérias-primas a partir do continente asiático e da identificação e interpretação das variáveis em jogo a ter em conta, construiu-se uma ferramenta de cálculo informática para a comparação de custos de transporte entre via aérea e via marítima. Pela necessidade de conjugar uma vasta quantidade de informação relativa tanto aos fornecedores como aos transitários responsáveis pelo transporte, recorreu-se às potencialidades da programação em linguagem VBA do Excel.

A solução desenvolvida permite uma rápida obtenção de resultados, estando estruturada de forma a que a sua manutenção seja simples e a utilização seja intuitiva. Tendo em conta que a estratégia da Bosch CM passa por avaliar o transporte para cada caso e pelo facto da sua implementação ser ainda recente, não é possível estimar os ganhos globais que poderão ser obtidos pela introdução da aplicação informática. No entanto foram já obtidos resultados reais que atestam as suas vantagens.

Tal como foi referido, esta servirá de suporte permanente à tomada de decisão e permitirá a monitorização contínua dos custos de transporte e a deteção mais rápida de casos em que seja necessária a mudança de serviço de transporte. A comparação com recentes casos de alteração de modalidade ocorridos na empresa é elucidativa dos benefícios oferecidos por um método sistemático de avaliação, quer em termos de poupanças de tempo como também de custos. Os principais ganhos são conseguidos pela eliminação do tempo que era necessário para realizar o estudo dos dados e

avaliar o *trade-off* entre custos de transporte e custos de posse de inventários. Resultados imediatos permitem tomar decisões céleres e, sempre que necessário, operar a mudança de forma mais rápida.

O recurso informático criado já se encontra em processo de implementação na empresa, tendo sido testado com diversos fornecedores. Existe já um conjunto considerável de fornecedores para os quais foi feita uma primeira análise de custos, tendo sido detetados dois casos claros de necessidade de alteração de modo de transporte, do meio aéreo para o marítimo. Este processo está atualmente em fase preliminar e prevê-se que depois de estabelecido o transporte marítimo, permitirá uma poupança total de cerca de 20.700 €.

Como uma parte significativa de dados das peças e respetivas embalagens ainda não se encontra registada nas *PSF (Packaging Specification Form)*, a obtenção desta informação tem de ser efetuada através de contactos com os fornecedores. Esta é uma tarefa contínua e que requer colaboração e transmissão correta de informação. Apesar da quantidade de dados representar já cerca de 75% do total, este trabalho continua a ser realizado de forma a ter condições para avaliar a maioria de fornecedores possíveis.

Para além da ferramenta informática desenvolvida, propôs-se ainda uma alternativa através da formulação de um modelo matemático de Programação Inteira Mista, fazendo uso das capacidades de resolução de problemas oferecidas pela Investigação Operacional.

O modelo de otimização criado propõe uma abordagem mais abrangente em relação à situação prática estudada nesta dissertação. Assim, pretendeu-se que a obtenção de resultados não fosse restrita a cada fornecedor, mas sim ao conjunto de todos os fornecedores de uma mesma origem, conjugando os fatores decisórios dos modos de transporte com as procuras de matéria-prima para os diferentes períodos. Esta abordagem permitiria reunir num só modelo algumas das principais condicionantes da gestão de transportes, como sejam o cumprimento de prazos de entrega, a otimização da ocupação dos envios e, obviamente, a seleção da modalidade de transporte. A análise de problemas como um todo permite aproximar a tomada de decisão do conceito geral da Gestão da Cadeia de Abastecimento, isto é, a integração dos diferentes elementos da gestão logística de forma a otimizar o sistema total.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersen, J., Crainic, T. G., & Christiansen, M. (2009). Service network design with management and coordination of multiple fleets. *European Journal of Operational Research*, 193(2), 377-389.
- Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics Management: Supply Chain Management. Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*. Prentice-Hall Internat.
- Barnhart, C., & Laporte, G. (2006). *Handbooks in Operations Research & Management Science: Transportation: Transportation*. Elsevier Science.
- Beuthe, M., & Bouffieux, C. (2008). Analysing qualitative attributes of freight transport from stated orders of preference experiment. *Journal of Transport Economics and Policy*, 42(1), 105-128.
- Bhatnagar, R., & Teo, C. C. (2009). Role of logistics in enhancing competitive advantage: A value chain framework for global supply chains. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 39(3), 202-226.
- Bosch. (2012a). Documentos Internos.
- Bosch. (2012b). Robert Bosch GmbH.
- Bosch. (2013). Intranet Bosch.
- Bosch Car Multimedia, S. A. (2012). Manual de Acolhimento e Integração (Vol. 4ª Edição). Braga.
- Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (1996). *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill Companies.
- Carvalho, J. C. (2010). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). *Supply chain management: strategy, planning, and operation*. Pearson Prentice Hall.
- Chung, J., & Leeb, B. (2013). A Genealogical Approach to the Incoterms Rules and Revised Incoterms 2010. *Journal of Korea Trade*, 17(2), 1-19.
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J. R. C., & Vieira, S. R. (2009). Investigação-ação : metodologia preferencial nas práticas educativas. *Revista Psicologia, Educação e Cultura*.
- Coyle, J. J., & Novack, R. A. (2011). *Transportation: A Supply Chain Perspective: A Supply Chain Perspective*. South-Western Cengage Learning.
- CSCMP. (2010). Council of Supply Chain Management Professionals - Supply Chain Management Terms and Glossary.

- Cullinane, K., & Toy, N. (2000). Identifying influential attributes in freight route/mode choice decisions: a content analysis. [Article]. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 36(1), 41-53.
- de Jong, G., & Ben-Akiva, M. (2007). A micro-simulation model of shipment size and transport chain choice. *Transportation Research Part B: Methodological*, 41(9), 950-965.
- De Matta, R., & Miller, T. (2004). Production and inter-facility transportation scheduling for a process industry. *European Journal of Operational Research*, 158(1), 72-88.
- Goel, A. (2010). The value of in-transit visibility for supply chains with multiple modes of transport. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 13(6), 475-492.
- IBM. (2013). IBM ILOG CPLEX Optimization Studio.
- ICC. (2010). Incoterms 2010 - International Chamber of Commerce. Paris: ICC Services Publications.
- IMMTA. (2013). International Multimodal Transport Association.
- Kasilingam, R. G. (1998). *Logistics and Transportation: Design and Planning*. Kluwer Academic.
- Kumar, A., Kaur, A., & Gupta, A. (2011). Fuzzy Linear Programming Approach for Solving Fuzzy Transportation Problems with Transshipment. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 10(2), 163-180.
- Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65-83.
- Lambert, D. M., Stock, J. R., & Ellram, L. M. (1998). *Fundamentals of logistics management*. Irwin/McGraw-Hill.
- Mangan, J., Lalwani, C., & Butcher, T. (2008). *Global Logistics and Supply Chain Management*. John Wiley & Sons.
- Meixell, M. J., & Norbis, M. (2008). A review of the transportation mode choice and carrier selection literature. *International Journal of Logistics Management, The*, 19(2), 183-211.
- Miyashita, K. (2009). Structural change in the international advanced logistics. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 25(1), 121-138.
- O'Brien, R. (1998). *An Overview of the Methodological Approach of Action Research*. University of Toronto.
- Ottosson, S. (2003). Participation action research-: A key to improved knowledge of management. *Technovation*, 23(2), 87-94.
- Robeson, J. F., Copacino, W. C., & Howe, R. E. (1994). *The logistics handbook*. The Free Press.

- Rodrigue, J. P., Comtois, C., & Slack, B. (2006). *The Geography of Transport Systems*. Taylor & Francis.
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2006). *The Handbook of Logistics And Distribution Management*. Michigan: Kogan Page Limited, 2006.
- Rushton, A., Croucher, P., Baker, P., & Chartered Institute of Logistics and Transport in the, U. K. (2006). *The Handbook of Logistics And Distribution Management*. Kogan Page Limited.
- Samimi, A., Kawamura, K., & Mohammadian, A. (2011). A behavioral analysis of freight mode choice decisions. *Transportation Planning and Technology*, 34(8), 857-869.
- Swann, C. (2002). Action Research and The Practice of Design. *Design Issues*, 18(2).
- Tseng, Y.-y., Yue, W. L., & Taylor, M. (2005). The Role of Transportation in Logistics Chain. *Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, 1657-1672.
- Wang, H. Y., & Lee, C. Y. (2005). Production and transport logistics scheduling with two transport mode choices. [Article]. *Naval Research Logistics*, 52(8), 796-809.
- Wang, X. B., Zhang, G. J., Hong, Z., Guo, H. F., & Yu, L. (2009). *Modeling and implementing research of multimodal transportation network*.
- Wu, Y. (2011). Linear robust models for international logistics and inventory problems under uncertainty. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 24(4), 352-364.
- Zografos, K. G., & Giannouli, I. M. (2002) Emerging trends in logistics and their impact on freight transportation systems: A European perspective. (pp. 36-44).

ANEXO I – INCOTERMS

A ilustração representada na Figura 22 explicita as diferentes responsabilidades quanto a risco e custos do vendedor e do comprador, dependendo do *Incoterm* em vigor.

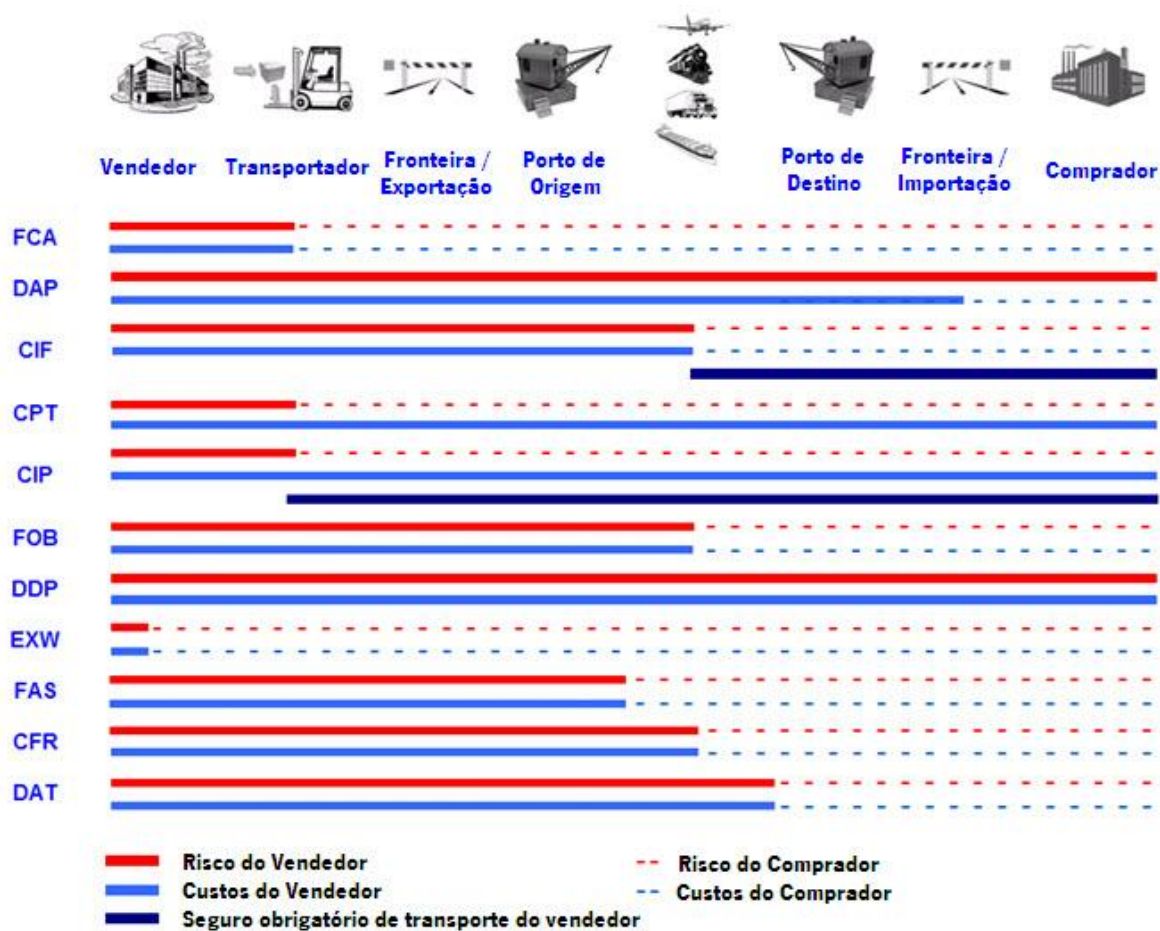


Figura 22- Graus de responsabilidade dos diferentes *Incoterms* – reproduzido: Robert Bosch GmbH

ANEXO II – PSF (*PACKAGING SPECIFICATION FORM*)








BOSCH		Packaging Specification Form (for supplier packaging)		Department & Responsible:	Date:	Bosch drawing number:	Index:															
Supplier Information (fill by supplier)																						
1. Supplier Name	B_Supplier			4. Telephone																		
2. Supplier Code				5. Fax																		
3. Contact Person				6. E-mail																		
Material Information (fill by Bosch/PPM)																						
7. Part Name				11. Project Code																		
8. Part Number	1A1			12. Date																		
9. Material Origin (Country)				13. Dimension of part LxWxH (mm)																		
10. Project Name				14. Weight of one Part (gr)																		
Packaging Characteristics (fill by Bosch/LOG and Supplier)																						
	Preferred packaging	Supplier proposal		Preferred packaging	Supplier proposal		Supplier proposal															
15. Parts per Box		200	19. Boxes per Pallet		25	23. Minimum Transport Quantity - Minimum Order Quantity	4.8kpc/pallet															
16. Layers per Box		50	20. Levels per Pallet		5																	
17. Parts per Layer		4	21. Dimension of pallet LxWxH (mm)		1180*750*880																	
18. Weight of full box (Kg)		10	22. Load Gross Weight (kg)		260																	
Packaging Definition (fill by Bosch/LOG and Supplier)																						
A. Boxes				B. Packaging		C. Returnable/One-way																
One-way  FEFCO 0312		Returnable 		1 Loose 		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Returnable</th> <th>One-way</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inlet</td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>Tray</td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>Bag</td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td></td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>			Returnable	One-way	Inlet		✓	Tray		✓	Bag		✓	Other		✓
	Returnable	One-way																				
Inlet		✓																				
Tray		✓																				
Bag		✓																				
Other		✓																				
Outside Maximum Dimensions (to fit inside returnable boxes on right side)		Dimensions		3 Layer with inlets between 		D. Pallet 																
1	without ESD bag 150x100x80 [mm]	Maximum weight 5 Kg	11	Outside 200x150x120 [mm]	Plastic box weight 0.2 Kg	1 Europallet 1200x800x... [mm]																
2	with ESD bag 150x100x80 [mm]		11	Internal 160x110x100 [mm]		2 Sea/ Air freight pallet 1175x750x... [mm]																
3	without ESD bag 250x150x190 [mm]	Maximum weight 5.5 Kg	12	Outside 300x200x220 [mm]	Plastic box weight 0.8 Kg	3 Other																
4	with ESD bag 250x150x190 [mm]		12	Internal 260x160x210 [mm]																		
5	without ESD bag 350x250x140 [mm]	Maximum weight 5.5 Kg	13	Outside 400x300x170 [mm]	Returnable box weight 1.1 Kg	E. Stack																
6	with ESD bag 350x250x140 [mm]		13	Internal 358x258x160 [mm]		Maximum number of pallets of the same material or weight to be stacked in transportation																
7	without ESD bag 350x250x190 [mm]	Maximum weight 5.5 Kg	14	Outside 400x300x220 [mm]	Returnable box weight 1.5 Kg																	
8	with ESD bag 400x300x150 [mm]		14	Internal 358x258x210 [mm]																		
9	without ESD bag 550x350x190 [mm]	Maximum weight 4.5 Kg	15	Outside 600x400x220 [mm]	Returnable box weight 2.4 Kg																	
10	with ESD bag 550x350x190 [mm]		15	Internal 558x358x210 [mm]																		
Basic Requirements: <ul style="list-style-type: none"> - ESD bag must be placed with open side in the top - Each packaging must respect the Standard Number of Parts and keep it - The maximum Bosch handling weight of a single box should not exceed 7 kg (include plastic box) - All material has to be antistatic according to Norm N55D4 - All boxes sent by Sea or Air must be packed in proper pallet (Sea/ Air freight pallet 1175x750x...[mm]) - Technical drawing & sample label for the proposed packaging should be sent in attachment - In case of Returnable packaging agreement, the Supplier must have an alternative packaging respecting dimensions defined in table A-Boxes - Returnable packaging (according to CM_supplemental): <ul style="list-style-type: none"> - 3 days stock at the supplier - supplier has the responsibility to clean returnable packaging - Packaging must be labeled with Mat-Label - Supplier is responsible for cleaning returnable packaging 																						
Packaging Code (fill by Bosch/LOG and Supplier)																						
Complete the Packaging Code using information from Sections A-E																						
Bosch preferred packaging		A	B	D	E																	
		Box	Packaging	Pallet	Stack																	
Supplier proposal		A	B	D	E																	
		8	2	2	2																	
		Box	Packaging	Pallet	Stack																	
I know and I accept the content of the Bosch requirements http://purchasing.bosch.com/download/LHB_CM_en.zip and I commit to accomplish all the specifications.																						
Date: 2013.02.19				Signature: _____																		
Section	PPM Project data	LOG proposal	Supplier proposal	PQA approval	MOE approval	TEF approval																
Name																						
Date																						
Signature																						

Figura 23 - Exemplo de uma PSF

ANEXO III – INTERFACE DA FERRAMENTA INFORMÁTICA (SELEÇÃO DO MODO DE TRANSPORTE)

AIR vs SEA TOOL (by Supplier)


BOSCH

Return To Menu

1
2

Supplier:

Code:

Consignment:

Origin:

Alternative:

AIR Freight

Transit Time:

Incoterm:

Forwarder:

Airport of Origin:

SEA Freight

Transit Time:

Incoterm:

Type of Container:

Port of Origin:

3

TOTAL AIR

GAP

TOTAL SEA

Reset Table
5

Part Number	Pallet Length (mm)	Pallet Width (mm)	Pallet Height (mm)	Pallet Volume (m3)	Load Gross Weight (Kg)	Pallet Tax Weight (Kg)	MOQ (Pallet)	Parts/Box
				0.000		0.00	0	

Figura 24 - Legenda (Seleção do Modo de Transporte)

- 1 Seleção do fornecedor que se pretende avaliar.
- 2 Seleção do transitário e do aeroporto de origem para a via aérea, e do tipo de contentor e do porto de origem para a via marítima.
- 3 Botão de cálculo.
- 4 Resultado final dos custos anuais de transporte para via aérea e via marítima e respetiva diferença.
- 5 Lista das dimensões, pesos e quantidades das peças do fornecedor selecionado.


Folha de cálculo de custos da ferramenta de decisão.

Figura 25 - Folha de Cálculo de Custos de Transporte

É para este local que são importados os dados relativos aos valores unitários das peças e as procuras médias previstas.

O cálculo está dividido em custos de transporte e custos de posse, tanto para o modo aéreo como para o modo marítimo.

ANEXO IV – INTERFACE DA FERRAMENTA INFORMÁTICA (CUSTOS DE FRETES ESPECIAIS)

AIR vs SEA TOOL (by Part)  **BOSCH**

[Return To Menu](#)

1

Supplier:

Code:

Consignment:

Origin:

Alternative:

Part Number:

Quantity per Part:

Estimated Weight (Normal):

Estimated Weight (Flash):

Cartons per Shipment:

Pallets per Shipment:

2

AIR Freight

Transit Time:

Incoterm:

Forwarder:

Airport of Origin:

SEA Freight

Transit Time:

Incoterm:

Type of Container:

Port of Origin:

3

4

TOTAL		
SEA	AIR (Normal)	AIR (Flash)
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>
GAP (Normal-Sea)	GAP (Flash-Sea)	GAP (Flash-Normal)
<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>

5

[Reset Table](#)

Pallet	Length	Width	Height	Volume	Weight	Normal Tax Weight	Flash Tax Weight
Complete	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	0.00	<input type="text" value=""/>	0.00	0.00
Incomplete	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	0.00	<input type="text" value=""/>	0.00	0.00

Carton	Length	Width	Height	Volume	Weight	Normal Tax Weight	Flash Tax Weight
	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value=""/>	0.00	<input type="text" value=""/>	0.00	0.00

Parts/Box:

Boxes/Pallet:

Levels/Pallet:

MOQ:

Figura 26 - Legenda (Custos de Fretes Especiais)

- 1 Seleção do fornecedor, peça e respetiva quantidade para a qual se pretende estimar o custo.
- 2 Seleção do transitário e do aeroporto de origem para a via aérea.
- 3 Botão de cálculo.
- 4 Resultado final dos custos de frete marítimo, aéreo regular e aéreo normal, e respetiva diferença entre todos.
- 5 Lista das dimensões, pesos e quantidades das peças do fornecedor selecionado, quer à paleta quer ao cartão.

ANEXO V – CUSTOS MENSAIS 2012 (A_SUPPLIER)

Tabela 16 - Custos Mensais 2012 (A_Supplier)

Mês	Envios	Volumes	Custos de Transporte	Custos de Posse	TOTAL
Janeiro	6	27	8.130,00 €	231,00 €	8.631,00 €
Fevereiro	7	32	8.677,00 €	301,00 €	8.978,00 €
Março	8	33	8.825,00 €	335,00 €	9.160,00 €
Abril	8	30	8.204,00 €	302,00 €	8.506,00 €
Maio	7	32	8.495,00 €	325,00 €	8.820,00 €
Junho	9	33	9.789,00 €	351,00 €	10.140,00 €
Julho	7	26	7.409,00 €	237,00 €	7646,00 €
Agosto	6	28	8.464,00 €	255,00 €	8.719,00 €
Setembro	6	33	8.703,00 €	346,00 €	9.049,00 €
Outubro	8	34	9328,00 €	368,00 €	9.696,00 €
Novembro	6	29	6.825,00 €	406,00 €	7.231,00 €
Dezembro	6	28	5.182,00 €	431,00 €	5.613,00 €

ANEXO VI – PROGRAMAÇÃO OPL STUDIO

O código utilizado para a implementação do modelo em OPL *Studio* pode ser consultado abaixo:

```
{string} AirModes = ... ;

{string} F = ... ;

{string} Products = ... ;

tuple Parts{
    string Products;
    string F;
};

setof(Parts) Conjunto = ...;

int TotalDays = ...;

range Day = 0..TotalDays-1;

int AirCapacity[AirModes]=...;

int AirTime[AirModes]=...;

int SeaTime=...;

float Demand[Day][Products] = ...;

int CEA[AirModes]=...;

float CT[AirModes]=...;

int CEM=...;

{string}Container=...;

int SeaCapacity[Container]=...;

float CC[Container]=...;

int a[Day][AirModes]=...;

int b[Day]=...;

float I=...;

float VU[Products]=...;

float PP[Products]=...;

int MOQ[Products]=...;

float VOQ =...;

float VC[Products]=...;

int QC[Products]=...;
```

```

dvar boolean Y[Day][AirModes];
dvar float+ X[Day][AirModes][Products][Day];
dvar float+ W[Day][AirModes];

dvar int+ NC[Day][Container];
dvar boolean V[Day];
dvar float+ U[Day][Products][Day];
dvar int+ NP[Day];

dvar float+ AIRT;
dvar float+ SEAT;

dvar boolean Z[Products];
dvar boolean O[F];

dexpr int AirFixedCosts = sum(i in Day, j in AirModes) CEA[j]*Y[i][j];
dexpr float AirVarCosts = sum(j in AirModes, i in Day) W[i][j]*CT[j];
dexpr int SeaFixedCosts = sum(i in Day) CEM*V[i];
dexpr float SeaVarCosts = sum(p in Container, i in Day) CC[p]*NC[i][p];
dexpr float InTransitAir = AIRT*I;
dexpr float InTransitSea = SEAT*I;
dexpr float A = 0.1*sum(i in Day) NP[i];

minimize
AirFixedCosts+AirVarCosts+SeaFixedCosts+SeaVarCosts+InTransitAir+InTransitSea+A;

subject to{
  forall (s in Day, k in Products)
    (sum(j in AirModes)
      sum(i in Day: (i>=s-AirTime[j]-1 && i<=s-AirTime[j]+1))
        X[i][j][k][s] +

      sum(i in Day: (i>=s-SeaTime-1 && i<=s-SeaTime+1))
        U[i][k][s]) == Demand[s][k];

  forall (i in Day, j in AirModes)
    W[i][j]<= AirCapacity[j]*a[i][j]*Y[i][j];

  forall (i in Day)
    NP[i]<=
      (sum(p in Container)
        SeaCapacity[p]*NC[i][p]*b[i]);

  forall (i in Day)
    (sum(p in Container)
      NC[i][p]) <= 1000000*V[i];

  forall (i in Day)
    (sum (k in Products)
      sum(s in Day: (s>=i+SeaTime-1 && s<=i+SeaTime+1))
        ((VC[k]/QC[k])*U[i][k][s]))<= NP[i]*VOQ;

  forall (j in AirModes, i in Day)
    (sum(s in Day)
      sum(k in Products)
        (X[i][j][k][s]*PP[k])/MOQ[k]) == W[i][j];

  (sum(i in Day)

```

```
    sum(j in AirModes)
    sum(k in Products)
    sum(s in Day)
    X[i][j][k][s]*AirTime[j]*VU[k]) == AIRT;

    sum(k in Products)
    (sum(i in Day)
    sum(s in Day)
    U[i][k][s]*SeaTime*VU[k]) == SEAT;

forall (k in Products)
    (sum(i in Day)
    sum(s in Day)
    U[i][k][s])<=1000000*Z[k];

forall (k in Products)
    (sum(i in Day)
    sum(j in AirModes)
    sum(s in Day)
    X[i][j][k][s])<=1000000*(1-Z[k]);

    forall (<k,f> in Conjunto)
        O[f]==Z[k];
};
```